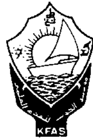
رسائل جغرافية

٢٨٥

تطبيق تقنيات الاستشعار عن بعد في مراقبة زحف الكثبان الرملية في واحة الإحساء

د. مشاعل بنت محمد آل سعود

ذوالحجة ١٤٢٤ هـ
فبراير ٢٠٠٤ م



طبعت بـدعـم كريم من مؤسسة الكويت للتقدم العلمي

بسم الله الرحمن الرحيم

تطبيق تقنيات الاستشعار عن بُعد في مُراقبة زحف الكثبان الرملية في واحة الإحساء

د. مَشاعل بنت محمّد آل سعُود

أولا: المقـدمـة

مشكلة الدراسة و أهميتها:

تتعرض واحة الإحساء خاصة الأطراف الشمالية إلى انسياق، وزحف للرمال يهدد الغطاء النباتي والاستخدام العمراني نتيجة لتأثير الرياح الشمالية، والشمالية الغربية، والشمالية الشرقية؛ والتي تتفاوت سرعتها من ٥ , ٥ إلى أكثر من ١٦ مترا في الثانية (أبو الخير، ١٩٨٤م).

ولقد أجريت دراسات ميدانية لتقييم مخاطر انسياق الرمال وزحفها في واحة الإحساء، ولكن لم تحظ بدراسة تفصيلية لحركة الرمال في شمال الواحة توضح أنماط وأنواع الكثبان الرملية ومعدلات تحركاتها ومدى خطورتها، وتهديداتها؛ وعلى هذا كانت هذه الدراسة والتي اعتمدت على تقنية الاستشعار عن بعد، والتحقق الميداني، وهي بذلك تعتبر مرحلة أولى لجهود أخرى مطلوبة لمحاكاة حركة الرمال وزحفها في واحة الإحساء.

الهدف من الدراسة:

تتضمن أهداف الدراسة ما يلي:

١ - رصد حركة الرمال من خلال تحليل المرئيات الفضائية Landsat - 5 TM (١٩٨٧م، ١٩٩٦م، ٢٠٠١م).

٢ - تصنيف بحر الرمال الشمالي للواحة إلى نطاقات رملية للوقوف على طبيعة مخاطرها البيئية.

٣ - تمييز أنواع مختلفة من الكثبان الرملية في منطقة الدراسة من خلال تحليل اللقطات الفضائية.

٤ - إبراز المعالم الجيومورفولوجية الأساسية للواحة بصورة مجسمة من خلال اعداد مجسم أرضي DEM من لقطة Spot التي أدمجت مع الخرائط الطوبوغرافية بمقياس ١:٥٠,٠٠٠.

٥ - توفير قاعدة معلومات مرجعية للخصائص الطبيعية للواحة تفيد في أي دراسات بيئية مستقبلية.

منهجية الدراسة:

تطلبت هذه الدراسة تحليل لقطات لاندسات Landsat-5/TM تراوحت المدة الزمنية فيمابينها من ٩ إلى ٥ سنوات(١٩٨٧م)، (١٩٩٦م)، (٢٠٠١ م)، وتغطي ١٤ عاما، كما استلزم للدراسة لقطة للقمر الصناعي سبوت ٢٠٠٢ Spot -2 واللقطات المستخدمة إجمالا في هذه الدراسة بياناتها موضحة في الجدول رقم (١):

جدول رقم (١) بيانات اللقطات الفضائية المستخدمة في الدراسة

اللقطات	Path / Row	التاريخ
Landsat - 5 / TM	164 / 42	١١/١٠/١٩٨٧م
Landsat - 5 / TM	164 / 42	١٥/٧/١٩٩٦م
Landsat - 5 / TM	164 / 42	٢/١١/٢٠٠١م
Spot 2	152 / 299	١/٧/٢٠٠٢م

وقد أجريت عملية معالجة اللقطات للحصول على ضبط هندسي لمواقعها، كما

تم ترشيح مكاني لتحسين التفاصيل المكانية في الأطياف اللونية لكل لقطة،وقد اعتبرت اللقطة Spot 2 لقطة أساسية لدقتها التوضيحية ٢٥ م؛ كما استخدمت الخرائط الطوبوغرافية بمقياس ١ : ٠٠٠ , ٥٠، ويبلغ خطأ التسجيل لكل لقطة من Landsat-5/TM من ٣ , ٠ إلى ٤ , ٠ بكسل Pixels أي ما يقابل من ٩ – ١٢ مترا تقريبا على الأرض. ولأخذ النقاط المرجعية يجدر الإشارة أن كل نقطة في الخرائط الطوبوغرافية اختيرت بعناية كنقاط ضبط أولي خاصة (Pseudo invariant Feature) بمعنى أن الشكل والحجم لا يتغيران طوال فترة الدراسة. وقد اعتبرت قوة التفصيل المكاني لهذه اللقطات الفضائية (Landsat) ٥ , ٢٨متر. وقد أفاد التحليل المكاني للقطات في التعرف على أهم أنواع الترسبات الهوائية (أنواع الكثبان) المختلفة والتي يتضمنها الشكل (١)، كما أفاد التحليل الطيفي باستخدام bands ٢ و٤ و٧ أحمر أخضر، أزرق في التعرف على مكان وحركة الكثبان. كما تم تحليل راديومتري باستخدام أسلوب Simple Constrast Stretch لزيادة التناقض بين الكثبان والظواهر الأرضية الأخرى ولرصد حجم الكثبان و تحركاتها استشعاريا فقد حسبت قياسات حجم الكثيب على اعتبار عرض الكثيب المتعامد على اتجاه الحركة؛ و تسمى هذه الطريقة Classical photo interpretation، وأما تقدمها فيحسب من خلال الإزاحات في pixels، وبقسمتها على الزمن نحصل على معدلات السرعة، وقد تبين أثناء حسابات الرصد الاستشعاري العلاقة العكسية بين حجم الكثبان و تقدمها بمعنى أنه كلما كانت الكثبان أكبر قل معدل تحركها (Finkel, 1959)، (Embabi, 1982)، (Hastenrath, 1967).

وقد تم أيضا إعداد مجسم أرضي Dem للواحة من لقطة SPOT الاستيروسكوبية والخرائط الطوبوغرافية ١ : ٠٠٠ , ٥٠ و ذلك للوقوف على المعالم الطوبوغرافية و الجيومورفولوجية الأساسية في الواحة.

ومن جهة أخرى؛ فإن الباحثة قد اطلعت على الكثير من المراجع و التقارير الخاصة بواحة الإحساء وتم تحليل مضمونها من خلال منهجية استقرائية تحليلية لإعطاء خلفية مرجعية وافرة المعلومات عن الواحة.

Dome-shaped	Transverse ridge	Barchanoid ridge	Barchan	Streak	Sheet
Circular rim of depression	Blowout	Star	Reversing	Linear	Parabolic

شكل (١) أشكال الكثبان الرملية الشائعة. من إعداد الباحثة بتصرف من (Mackee, 1979)

الدراسات السابقة:

لقد أجريت دراسات متعددة في مجال تحرك الرمال في واحة الإحساء، وصحراء الجافورة نذكر منها على سبيل المثال: دراسة (أبو الخير 1401هـ) عن تحرك الرمال في واحة الإحساء، ودراسة (البراك، ١٤١٤هـ) عن خصائص أراضي الإحساء الزراعية، ودراسة (الطاهر، ١٤١٩هـ) عن الإحساء «دراسة جغرافية»، ودراسة (الجبر، ١٤٢٢هـ) عن الوضع الزراعي في واحة الإحساء، عرض للتنمية، ودراسة (سيد، وأبو ريشة، ١٩٩٤م) عن مشروع حجز الرمال عن واحة الإحساء، ودراسات (الرويلي،٢٠٠١م) عن تقييم كفاءة مشروع حجز الرمال في واحة الإحساء، (الرويلي ٢٠٠٢ م) عن التوسع العمراني بواحة الإحساء،ودراسات (العمير، ١٤٠٨هـ) عن جغرافية العمران، و(العمير، ١٤١٩ هـ) عن العمران الحضري بواحة الإحساء، ودراسة (شعث،١٤١٠هـ) عن تأثير زحف الرمال على المناطق الترفيهية في واحة الإحساء، ودراسة فرايبرجر وزملائه (Fryberger, etal , 1984) عن معدلات الانسياق الرملي في رمال الجافورة، ودراسة (Bader , 1989) عن حركة الرمال في الجافورة، ودراسة الباحثة (آل سعود، ١٩٨٤م) عن الانسياق الرملي في صحراء الدهناء. ودراسة (الهنائي، ١٩٨٩م) لتقييم الرمال استشعاريا في شمال الجافورة، وتعتبر دراسة الهنائي هي بداية استخدام الدراسات الاستشعارية لتقييم تقنية الاستشعار عن بعد في دراسة الكثبان الرملية في المملكة العربية السعودية، وكانت في منطقة شمال الجافورة بالمنطقة الشرقية، ولذلك أود أن ألقي الضوء عنها لأهميتها، وعلى اعتبار أنها أول دراسة استشعارية من نوعها؛ فقد قام بعمل مقارنة لصور فضائية منتجة من القمر الصناعي لاندسات (Landsat) بنوعه الراسم الموضوعي (TM) والماسح المتعدد الأطياف (MSS) وكذلك صور جوية مختلفة؛ حيث لاحظ أنه لا يمكن أن نستكشف أي كثبان رملية أصغر من ١٠٠ متر طولا و ٤٠ متر عرضا. وبين الباحث مدى قوة الوضوح للراسم الموضعي (TM) مقارنة بالماسح المتعدد الأطياف (MSS). وأما باستخدام الصور الجوية البانكرمايتية فكان التميز بين أنواع من الكثبان الرملية واضحا وذلك بسبب قوة التمييز المكانية

العالية (١ - ٢ متر) في الصور الجوية ذات مقاس ١:٠٠٠, ٨٠ و ١:٠٠٠, ٦٠. وفي حالة استخدام الصور الجوية الملونة تحت الحمراء فلقد كانت قوة التمييز هي الأعلى، وتم التعرف على أنواع مختلفة من الكثبان الرملية؛ والتي بلغ عرضها (٣٠ مترا) وهذه الصور الجوية الملونة ذات مقياس رسم ١:٠٠٠, ١٠ .وكذلك أستخدم صور فضائية من القمر الصناعي لاندسات متعدد الأطياف (MSS) لعامي ١٩٧٢م، و١٩٨٤، لقياس حركة الكثبان الرملية، كما قارن بين صور جوية لفترة زمنية تبلغ ٢٤ عاما (١٩٤٩ - ١٩٨٣م) وذلك للمقارنة بين الكثبان البرخانية والقوسية (Para-bolic) وبعدها تم التحقق الحقلي لهذه الصور المختلفة.

وأظهرت نتائج الدراسة بعد التحقق الحقلي من تحليل ودراسة للصور الفضائية من القمر الصناعي لاندسات المتعدد الأطياف أن حركة الكثبان بلغت ٢ - ٨ متر سنويا على مدار ١٢ سنة، وعند التحقق من حركة الكثبان الرملية باستخدام الصور الجوية بلغت حركة الكثبان الرملية ما بين ٢ , ٢ - ٨ متر سنويا. وهنا يجدر الإشارة إلى نسبة الخطأ الناتجة عند مطابقة صورتين من القمر لاندسات وذلك بسبب قلة النقاط الثابتة التي يمكن التركيز عليها لدراسة الكثبان المتحركة، ومثال ذلك الطرق والمباني تصبح كنقطة مرجع عند مطابقة الصور الفضائية، وبذلك يمكن تحديد الكثبان المتحركة وبدقة، بالاضافة إلى قلة الوضوح المكانية للقمر لاندسات المتعدد. (العبيداء والشمري، ١٩٩٤م).

ثانيا: الدراسة والتحليل

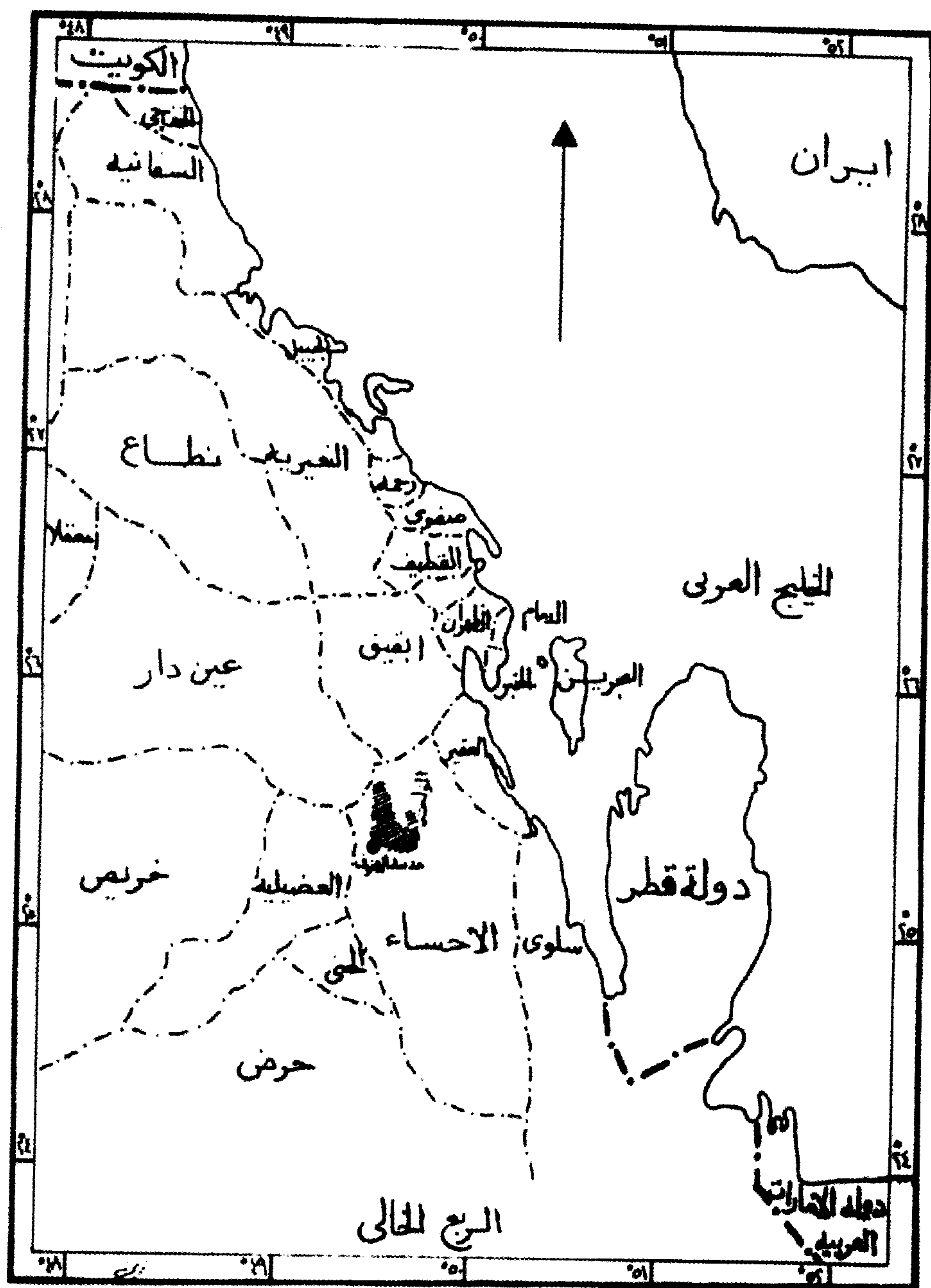
الموقع والشكل العام للواحة:

تقع واحة الإحساء في الجزء الشرقي من المملكة العربية السعودية (الشكل رقم ٢)، وتبعد حوالي ٧٥ كم عن الساحل الغربي للخليج العربي، كما تبعد عن مدينة الدمام بحوالي ١٥٠ كم، وعن مدينة الرياض بحوالي ٣٦٠ كم.

تمتد واحة الإحساء بين دائرتي عرض ٢٠ ٢٥ْ و ٤٥ . ٢٥ْ شمالا، وخطي طول ٣٠ , ٤٩ْ و ٥٠ , ٥٠ْ شرقا، وتمتد الواحة على هيئة زاوية قائمة متخذة شكل حرف (L) بطول ٣٠ كم من الشمال إلى الجنوب وعرض يتفاوت اتساعه من حوالي ٧ كم في الشمال إلى ما يقرب من ١٦ كم في الجنوب. وتحد الواحة صحراء «الدهناء» من الغرب، وسبخة «أم الحمام» من الشمال، وصحراء «الجافورة» و «سبخة الطرفة» من الجنوب وسبخة «الصفراء» وشواطئ الخليج من الشرق. (الشكل رقم ٣)، (أبو الخير، ١٩٨٤م).

وتقع الإحساء بين حافة صحراء الغوار الصخرية - الجزء الواقع في أقصى الشرق من هضبة الصمان - في الغرب، والكثبان الرملية التي تغطى السهل المجاور في الشرق. ومعظم أجزاء الواحة تقع بين ارتفاع ١٠٠ - ٢٥٠ مترا فوق سطح البحر. وعموما ينحدر هذا السهل نحو الشرق بانحدار خفيف يقرب من كيلو متر واحد-AL) (Sayari , Zott, 1978 وتغطية في الغالب كثبان الجافورة الرملية، وترتفع حافة الغوار غربا بصورة حادة إلى إرتفاع «٢٥٠ م» فوق سطح البحر، ويعود وجود هذه الواحة إلى وفرة الينابيع الكارستية الكبيرة الواقعة في انحدار حافة الغوار.

وتبلغ مساحة واحة الإحساء حوالي ٦٠٠ كيلو مترا مربعا بما في ذلك منطقة الغويبة على الطريق إلى قطر، وقد بدأ في استصلاح هذه المنطقة منذ بداية السبعينيات. وتضم واحة الإحساء ثلاث مدن هي الهفوف، والمبرز، والعيون، وحوالي ٤٨ قرية، ويبلغ عدد السكان المليون نسمة (الدخيل، ٢٠٠٢م). ويتضمن



شكل (٢) موقع إمارة الإحساء بين إمارات المنطقة الشرقية
المصدر: حسين حمزة بندقي: الخريطة الجغرافية للمملكة العربية السعودية (اكسفورد ١٩٨٤م)

شكل (٣) واحة الإحساء

الجدول رقم (٢) أسماء القرى التابعة للمدن الثلاث لواحة الإحساء (العبد القادر، ١٣٧٩هـ).

وتنتظم قرى واحة الإحساء حول محورين شمالي وجنوبي يلتقيان عند مدينة الهفوف، ومكونين شكل الحرف اللاتيني L (الشكل رقم ٤):

* المحور الشمالي: وطوله ٣٠ كيلومترا وباتساع ٣ كم شمالا، و٧ كم جنوبا، ويبدأ من مدينة العيون فقرى المراح - العوضية - المقرن - الجليلة - الوزية - الشقيق - المطيرفي - القرين - الشعبة.

* المحور الجنوبي: وطوله ١٨ كيلو واتساعه بين ٤ - ١٠ كيلومترا، ويبدأ من مدينتي المبرز والهفوف، فقرى البطالية - الكلابية - المقدام - الحليلة - القارة - الجبيل - الدالوة - المنصورة - الشهارين - بني معن - المنيزلة - الفضول - السقال - الجفر - الطرف العمران - الرميلة، وينتهي بقرية الجشة. (سيد، وأبو ريشة ١٤١٤هـ/ ١٩٩٤م).

جدول رقم (٢): أسماء مدن وقرى ومراكز وهجر منطقة الإحساء

أ - أهم القرى التابعة لمدينة الهفوف

١ - بني معن ٢ - الشهارين ٣ - الجبيل ٤ - الساباط ٥ - الطريبيل ٦ - الدالوه ٧ - التهيمية ٨ - القارة ٩ - التوثير ١٠ - العمران ١١ - الرميلة ١٢ - السيايرة ١٣ - المزاوي ١٤ - العقار ١٥ - غمسي ١٦ - المنزلة ١٧ - الفضول ١٨ - الجفر ١٩ - الطرف ٢٠ - المركز ٢١ - الجشة ٢٢ - المنصورة ٢٣ - الحوطة.

ب - أهم القرى التابعة لمدينة المبرز:

١ - المطيرفي ٢ - الشقيق ٣ - الجليحلة ٤ - القرن ٥ - الشعبة ٦ - المقدام ٧ - الكلابية ٨ - الحليلة ٩ - البطالية ١٠ - القرين ١١ - الحصيمة ١٢ - المراح ١٣ - العوضية ١٤ - الوزيه.

ج - مدينة العيون وتتبعها قرية المحترقة.

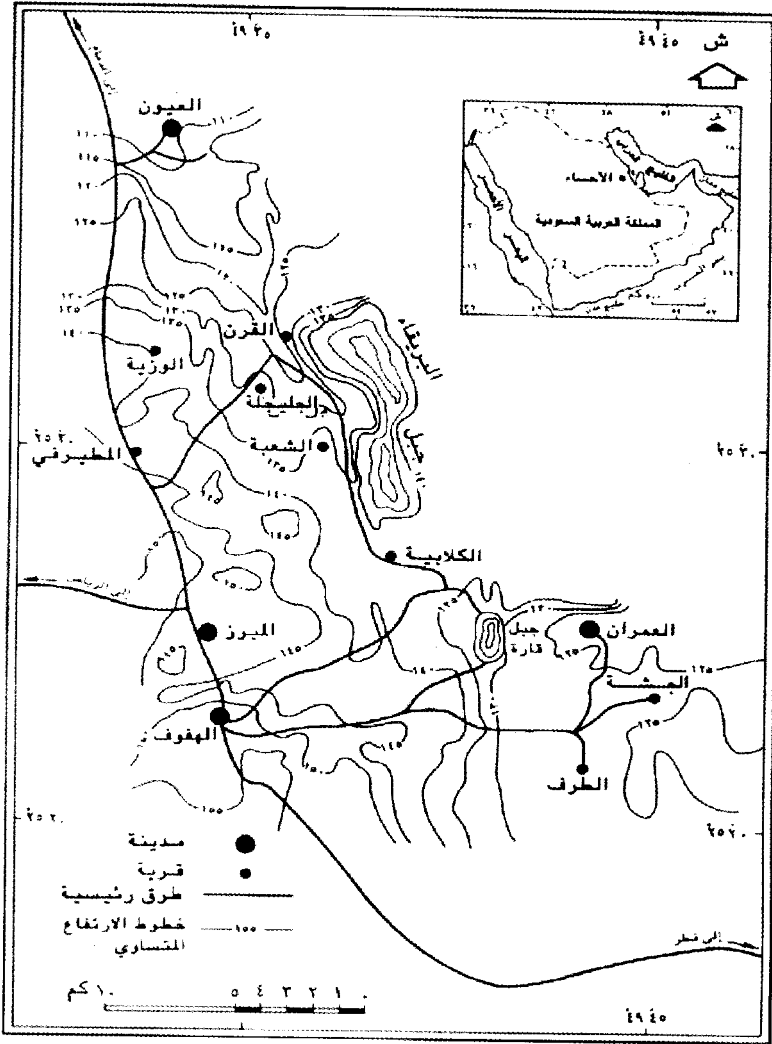
المصدر: العبدالقادر (١٣٧٩هـ) وإدارة التخطيط والتنظيم والميزانية بإمارة المنطقة الشرقية.

شكل (٤) المراكز الريفية في واحات الإحساء

المصدر: (العمير، ١٠٤٨هـ)

التضاريـس:

ينحدر سطح واحة الإحساء بشكل عـام نحو الشرق والشمال الشرقي ويستدل على هذا من اتجاه الأودية في أحواض التصريف (الطاهر، ١٤١٩هـ/ ١٩٩٩م)، فنلاحظ في الشكل رقم (٥) أن خط الكنتور ١٥٥ مترا فوق مستوى سطح البحر يمر



شكل (٥) تضاريس واحة الإحساء

في الطرف الجنوبي الغربي للواحة بالقرب من مدينة الهفوف، ويمر خط الكنتور ١٥٥ مترا فوق مستوى سطح البحر بشمال مدينة الهفوف وغربها وشرقها، بينما يمر خط الكنتور ١٢٥ مترا فوق مستوى سطح البحر في طرف الواحة الجنوبي الشرقي بالقرب من بلدتي الجشة والعمران. و أما خط الكنتور ١١٠ أمتار فإنه يمر في الطرف الشمالي والشمال الشرقي للواحة بالقرب من مدينة العيون.

الظروف المناخية:

يتبين من نتائج المتوسطات المناخية في واحة الإحساء للفترة ١٩٦٩م - ١٩٨٤م (جدول ٣) و ملخص البيانات المناخية للهفوف من ١٩٧٣م - ١٩٩٢م جدول (٤) أن مناخ واحة الإحساء يتميز بأنه مداري جاف ذات صيف حار طويل (حوالي خمسة شهور وهي الفترة من شهر مايو إلى أوائل شهر أكتوبر) يصل فيه متوسط درجة الحرارة إلى ٩ ,٣٣ درجة مئوية. وفي فصل الشتاء (وهو معتدل بارد يستمر خمسة شهور ابتداء من شهر نوفمبر وحتى نهاية شهر مارس) وتنخفض فيه درجة الحرارة حيث تصل إلى نحو ٨ ,١٥ درجة مئوية، وتوزع المدة الباقية من السنة بين فصلي الربيع والخريف، ويعتبر مناخ الواحة جافا بسبب قلة أمطارها والتي تبلغ في المتوسط ٧٢ مليمتر تقريبا في السنة، كما أن كمية التبخر تعتبر عالية في الواحة بسبب ارتفاع درجة الحرارة، وزيادة سرعة الرياح والتي تبلغ في المتوسط ٢ ,٧ كم / ساعة، وتستقبل واحة الإحساء إحدى أكبر الكميات من الطاقة الشمسية.

ولقد دلت التجارب الحقلية التي أجريت في الواحة بأنه يوجد هناك موسمين لهبوب الرياح على واحة الإحساء، فالموسم الأول للرياح يمتد من شهر ديسمبر إلى شهر يناير. والموسم الآخر يحدث من شهر إبريل إلى شهر يونيو، وأن الرياح التي تهب من الجهات الشمالية هي التي تسبب زحف الكثبان الرملية وأن سرعتها تتراوح بين ٥ ,٥ - ١٦ م/ ث (Abolkhir, 1982).

جدول رقم (٣) المتوسطات المناخية في واحة الإحساء للفترة من ١٩٦٩ - ١٩٨٤م

الشهور	الاشعاع الشمسي (ساعة)	درجة الحرارة	الرطوبة النسبية (٪)	سرعة الرياح (كم/ ساعة)	التبخر (ملم)	الأمطار (ملم)
يناير	٧,٦	١٤,٣٢	٦٠,٤٠	٦,٦٠	١٢٨,٦٠	١٦,٠٠
فبراير	٨,٣	١٦,١٠	٥٦,٣٠	٧,٢٣	١٥٦,١٠	١٢,٠٠
مارس	٨,٠	٢٠,٤١	٥٥,٢٠	٧,٩٠	٢٣٣,٠٠	٢٤,٠٠
ابريل	٨,٢	٢٥,٣٩	٤٧,٣٠	٧,٥٣	٢٨٩,٠٠	١٢,٠٠
مايو	٩,٦	٣٠,١٠	٣٩,٣٠	٧,٢٠	٣٧٦,٣٠	-
يونيو	١٠,٥	٣٢,٨٨	٣٣,٤٠	٨,٧٣	٤٥٨,٠٠	-
يوليو	١٠,٦	٣٤,٠٠	٣٧,٥٦	٧,٤٤	٤٥١,٠٠	-
أغسطس	١٠,٢	٣٣,٣٩	٣٨,٣٣	٦,٨٦	٣٩٠,٠٠	-
سبتمبر	١٠,٠	٢١,١٦	٤٥,١٠	٥,١٠	٣٠٩,٤٠	-
اكتوبر	٩,٣	٢٦,٣٨	٤٨,٤٠	٤,٦٤	٢٣٦,٥٠	١,٠٠
نوفمبر	٨,٥	٢٠,٨٨	٥٠,١٠	٥,٣٣	١٦١,٩٠	٣,٠٠
ديسمبر	٧,٨	٥١,٩١	٥٨,٤٠	٥,٤٤	١٢٣,١٠	٤,٠٠

المصدر: 1 - Leichtweiss Institute Research Team, Agrometeorology of Al-Hassa Oasis (1969 - 1976), Publication No. 26, Agricultural Research Center, Hofuf, 1978.

٢ - وزارة الزراعة والمياه، قسم الهايدرولوجي (١٩٧٧-١٩٨٤م)، الرياض، المملكة العربية السعودية.

جدول رقم (٤) ملخص البيانات المناخية لمنطقة الهفوف في الفترة من ١٩٧٣ - ١٩٩٢م

الشهور	متوسط درجة الحرارة الشهرية	سرعة الرياح عند ٢م من سطح الأرض	متوسط الأمطار الشهرية / ملم	المتوسط الشهري لمخزون الرطوبة في التربة/ ملم
يناير	١٣,٩٧	٥,٦٣	٩,٧	١٤,٢
فبراير	١٦,١٩	٦,٣١	١٣,٤٩	١٦
مارس	٢٠,٠١	٦,٦٩	٢٠,٨٤	١٦
ابريل	٢٥,٣٦	٦,٠٦	١٠,٧٨	٧,٩
مايو	٣٠,٥١	٦,٣٧	١,٢	٢,٣
يونيو	٣٣,٥١	٧,٢٥	٠	٠,٥
يوليو	٣٥,٥١	٥,٨٥	٠	٠,٣
أغسطس	٣٣,٩	٥,١٢	٠	٠
سبتمبر	٣٠,٦٩	٤,٢٨	٠	٠
اكتوبر	٢٦,٦٦	٣,٨١	٠,٧١	٠
نوفمبر	٢١	٤,١٤	١,٧	٠
ديسمبر	١٥,٩	٤,٣١	١١,٩٦	٢,٨

الوضع الجيولوجي:

أ - التاريخ الجيولوجي:

تمثل الإحساء الجرف الشرقي لهضبة الصمان The scarp of summan plateau والمسمى جرف هضبة شدقم بامتداد تجاه الشرق يبلغ ٢٠ - ٤٠ كم وحتى السهل المحازي لها في الشرق، وهي بذلك تقع في تركيب الغوار Ghawar Structure والذي تكون نتيجة للعمليات التكتونية أو الباطني خلال العصر الطباشيري Cretaceous والزمن الثالث الأدنى Lower Tertiary على شكل طية محدبة. ويوضح الشكل رقم (٦) مخططا لمقطع جيولوجي للحوض العربي، ويتألف هذا الجرف من معقد رسوبي من طبقات العصرين الميوسين الأعلى والبلايوسين الأدنى. وتمثل هذه الطبقات تكوين الهفوف والذي يتألف من رواسب أرضية Terrestrial Sediments (دون حفريات) تجثم على تكوين الدام Dam Formation المؤلف من الحجر الجيري والمارل والطين من عصر الميوسين الأوسط، وهو تكوين بحري ويعتبر قاعدة لجرف هضبة الصمان شمال وجنوب الهفوف (هرتزل وآخرون ١٩٧٨م).

ومن المعلوم أن البحر الأحمر تكون لأخدود في عصر ما قبل الميوسين، وفي عصر البلايوسين اتصل البحر الأحمر بالمحيط الهندي، وحدثت حركات تكتونية نتج عنها طي جبال زاجروس بإيران وارتفاع بسيط متدرج في رواسب الرف العربي على هيئة قباب منها قباب الكويت وأبقيق، وقطر والغوار والإحساء. وقد تميزت واحات الإحساء بأنها كانت شديدة التقوس، وتصدعت بفعل عوامل داخلية وخارجية، وقد طغت مياه الخليج العربي في البلايوسين الأوسط والأعلى فحدث انجراف لأجزاء من الرواسب الأرضية لعصري الميوسين الأعلى والبلايوسين الأدنى وتكون الجرف الوعر الخاص بهضبة شدقم. وقد استمر الارتفاع التدريجي في رسوبيات الرف العربي فانفصلت مياه الخليج العربي عن البحر الأحمر في عصر البليستوسين المبكر Early Pleistocene والبلايوسين المتأخر Late Pliocene حيث حدث انحسار لمياه البحر فتعرضت الأجزاء المغمورة للتجوية وساد مناخ شبه استوائي أدى

إلى تكوين شبكة الأودية والشعاب، ثم حدثت تغيرات مناخية بين الجفاف والرطوبة خلال البليستوسين والهولوسين والحديث مع تذبذب في مياه البحر؛ فبدأ ظهور الإرسابات الهوائية والمائية من الحصى بالوديان وتكون المدرجات الساحلية Terrac-es، راجع جدول (٥) للفترات الجافة والرطبة التي مرت بها شبه الجزيرة العربية وما صاحبها من تغيرات.

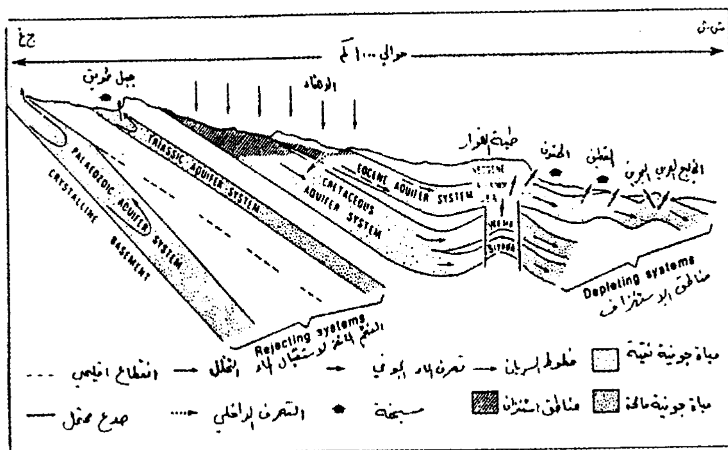
جدول رقم (٥): الفترات الجافة والرطبة التي مرت بها شبه الجزيرة العربية وما صاحبها من تغيرات

الدور	العصر	المقياس الزمني	الطور المناخي	التجمعات القارية	الأشكال الأرضية	الأراضي	النباتات
الدور الرباعي Quaternavy	الحديث	٦٠٠٠	جاف	رمال ريحية	كثبان	أراضي مغطاة بكثبان	حشائش خفيفة (استبس) وصحاري
	هولوسين Holocene	١١٠٠٠	شبه جاف	حصى وفي أحواض الوديان رواسب بحيرات	سهول فيضية منخفضة	أراضي ضحلة	استبس وسافانا (حشائش وأشجار قليلة)
	البليستوسين المتأخر	١٧٠٠٠	جاف	رمال ريحية	كثبان	أراضي مغطاة بكثبان	استبس وسافانا
	البليستوسين المتوسط	٣٥٠٠٠	شبه جاف	حصى رواسب بحيرات	بعض المصاطب والمراوح الفيضية	أراضي على كثبان	استبس وسافانا
	البليستوسين المبكر	١١٠٠٠٠٠	جاف إلى شبه جاف	سلت فيضي	مصاطب ومراوح فيضية	انجراف تربة	استبس بصورة رئيسية
الدور الثلاثي Tertiary	البلايوسين	٣٥٠٠٠٠٠	شبه جاف إلى شبه رطب	حصى فيضي	مراوح فيضية كبيرة تملأ أحواض الوديان	أراضي حمراء	سافانا وغابات
	المايوسين		شبه جاف شبه رطب	سلت فيضي - مارل - رمال وحصى	سهل مراوح قديمة في مواقع المصطبة	انجراف تربة	
	الاوليجوسين	٢٥٠٠٠٠٠٠	رطب			ترب لاثيريتيه (الومينية)	غابات استوائية (مدارية)

المصدر: جادو وزوتل، ١٩٨٤.

ويتكون التتابع الطبقي في منطقة الإحساء منذ العصر الكريتاسي Cretaceous وحتى الآن من التكوينات التالية: الوسيع - الغرمة - أم الرضمة - الرس - السلسلة النيوجينية ثم الرواسب السطحية. ويوضح الشكل رقم (٧) الترتيب الزمني لهذه التكوينات الصخرية وسمكها، كما يبين الشكل رقم (٨) قطاعا جيولوجيا بواحة الإحساء من الغرب (العثمانية) إلى الشرق (قرية الجشة) وأما عن التفاصيل

الليثولوجية للتكوينات الرسوبية في واحة الإحساء فيتضمنها الجدول رقم (٦).



شكل (٦) مخطط لمقطع هيدرولوجي للحوض العربي الرسوبي
المصدر: الجبر (١٩٨٤م) عن ايطالكونسلت رقم ٣٨٩٠٧

جدول رقم (٦): التكوينات الرسوبية لشرق المملكة العربية السعودية

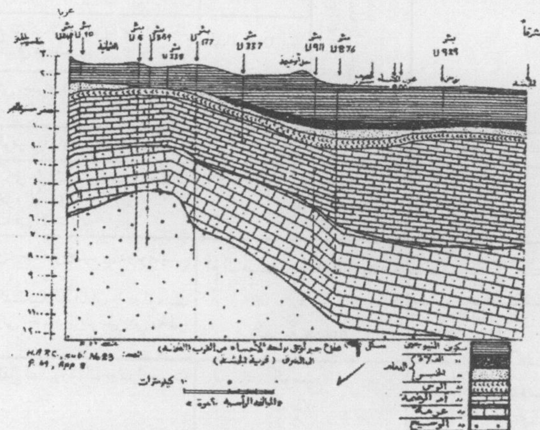
السمك م	الصفات الصخرية العامة Generalized Lithologic Description	التكوين Formation	العمر Age		
	حصى ورمل وسلت	رواسب سطحية Superficial Deposits	الدور الرباعي والثلاثي Quatemary and Tertiary		حقب الحياة الحديثة CENOZOIC
٩٥	مارل رملي وحجر جيري رملي مع تشكيلات ثانوية من الحجر الرملي الجيري، طبقات من الحصى المحلي في الأجزاء السفلي.	السلسلة النيوجينية Neogene – الهفوف Hofuf	عصر المايوسين والبليوسين Miocene and pliocene	الدور الثالث	حقب الحياة الحديثة CENOZOIC
٩١	مارل وطفل مع تشكيلات ثانوية من الحجر الرملي، حجر جيري طباشيري.	الدام Dam	عصر المايوسين والبليوسين Miocene and pliocene	الدور الثالث	
٨٤	حجر رملي سلتي جيري، حجر رملي، صوان Chert محلي.	الهيدروك	عصر المايوسين والبليوسين Miocene and pliocene	الدور الثالث	
٣٣	حجر رملي، دولوميت، مارل وطفل.	الدمام Dammam	الأيوسين Eocene – اللوتيني Lutetian	الدور الثالث	
٥٦	مارل، حجر جيري طباشيري وجبس صوان والكوارتز في الجزء الأسفل. يسود الأنهيدريت في الأسفل.	الرس Rus	الأيوسين Eocene – اليبرسيني Ypresian	الدور الثالث	
٢٤٣	الحجر الجيري، حجر جيري دولوميتي والدولوميت.	أم الرضمة Umm er Radhuma	الباليوسين Paleocene – الثنتيني / المونتيني	الدور الثالث	
١٤٢	حجر جيري التشكيلات الثانوية دولوميت وطفل يتدرج إلى الحجر الرملي في بعض المساحات.	؟ ؟ العرمة Aruma	المستركتين / الكمبيني	الطباشيري المتوسط Middle Cretaceous	حقب الحياة المتوسطة MESOZOIC
٤٢	حجر رملي طفل بصورة ثانوية دولوميت بصورة نادرة.	الوسيع Wasia	التوروني / السنوميني	الطباشيري المتوسط Middle Cretaceous	

المصدر: عن باورز وراميرز ١٩٦٣، في كتاب جيلوجية شبه الجزيرة العربية٧ مكتب الحكومة الأمريكية للطباعة. واشنطن دي سي ١٩٦٦م.

الوحدات الصخرية لتكوين	عمق التكوين بالمتر	خصائص صخور التكوين	AGE العمر	EPOCH حين	AREA حقب (دهر)
النيوچين ١٨٥ متر	١٨٥	عدم التوافق		الميوسين والبليوسين	الثلاثي
الدمام ٧٢ متر	٢٥٧		YPRELUTE SIAN-TIAN	الايوسين	
الرزوس ٣٢ متر	٢٨٩				
أم الرضمة ٢٨٥ متر	٦٧٤	عدم التوافق	MONTIAN	الباليوسين	
العرمة ٢٣٤ متر	٩٠٨		COMPANIAN - MAESTRI - CHTAIN	الطباشيري الأعلى	الطباشيري
العرمة السفلى ١٤٩ متر	١٠٥٧	عدم التوافق			
الوسيع ٥٧٨ متر	١٦٣٥	عدم التوافق	CENOM NIAN - TURONIAN		
الشعيبة ٧٥ متر	١٧١٠				

شكل (٧) التسلسل الجيولوجي للتكوينات الصخرية بواحة الإحساء

المصدر: Letchtweis??? Institute, (1978), Hydro Geology of The Al-Hass? Oasis



شكل (٨) قطاع جيولوجي بواحة الإحساء من الغرب (العثمانية) إلى الشرق (قرية الجشة)

ب - التكوينات الجيولوجية المنكشفة:

ينكشف في إقليم الواحة التكوينات الثلاثية والرباعية والتي يوضحها الشكل رقم (٩). وتتمثل هذه التكوينات فيما يلي:

١ - التكوينات الثلاثية:

وتشمل كل الكتل الجبلية من حول الواحة فضلا عن الكتل البارزة فوق سطح الأرض الزراعية. ويعود تاريخها إلى عصري الميوسين والبلايوسين. ويطلق عليها تكوينات النيوجين، ويبلغ سمكها نحو ١٨٠ م. ولئن كانت هذه التكوينات تظهر في الكتل الجبلية إلا أنها تختفي أيضا تحت التكوينات الرباعية الأحدث.

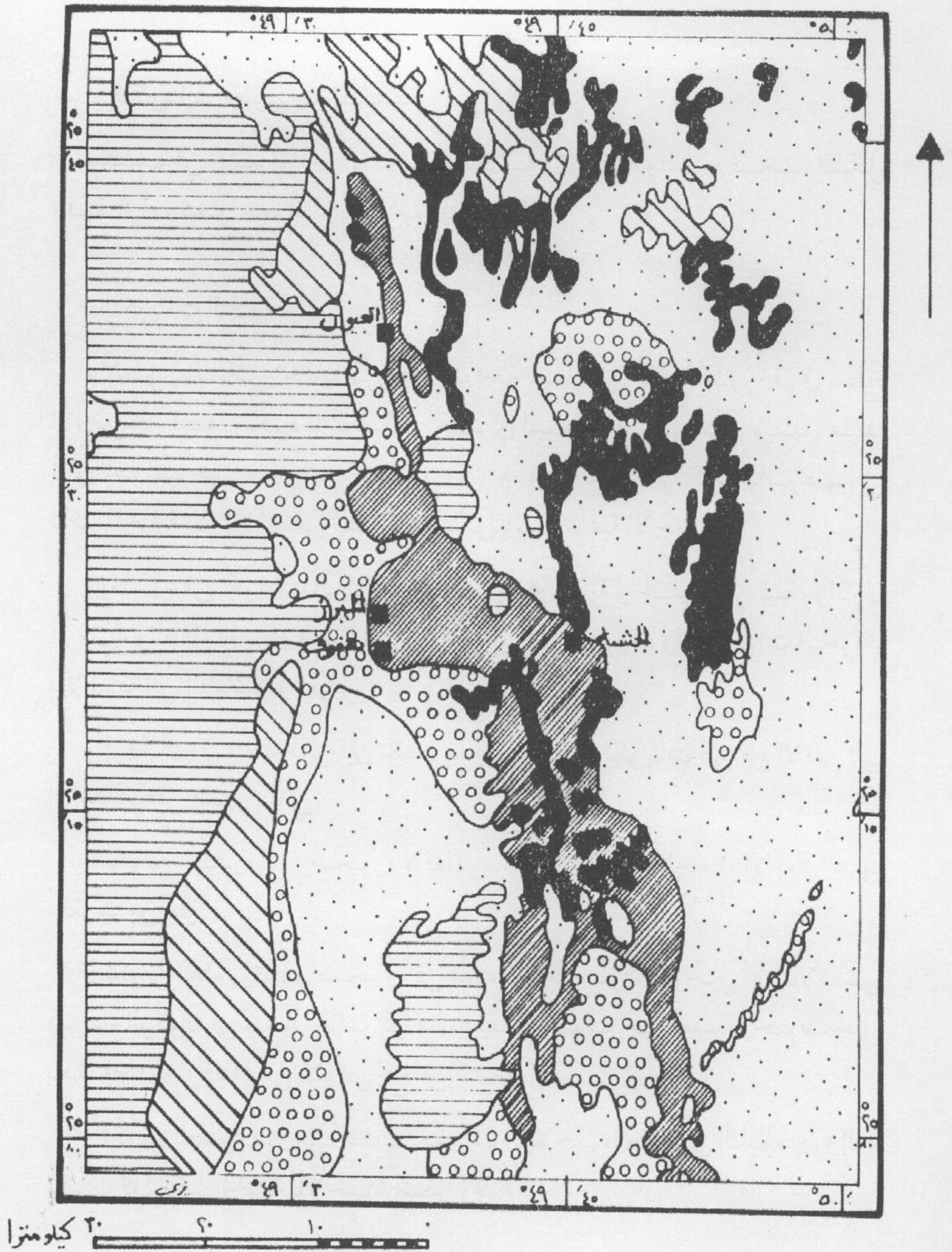
ويغلب على تكوينات النيوجين الصخور الجيرية والجيرية الرملية، والمارل الرملي، والطفل الجيري فضلا عن الكونجلوميريت والصوان والمتحجرات البحرية، بالإضافة إلى الطباشير والغرين.

والوقع أن تكوينات النيوجين تنقسم فرعيا إلى ثلاثة تكوينات هي من الأقدم إلى الأحدث على النحو التالي:

- تكوين الهيدروك: وصخوره لا تظهر مكشوفة بواحة الإحساء إلا بعيدا عنها بالقرب من أبقيق.

- تكوين الدام: وتظهر صخوره في قطاعات محدودة بين جبل أم الدلاسيس وبرقاء الركبان في شمال غرب الواحة، وكذلك جنوب جبل غنيمة وجنوب جبل بلدة، فضلا عن قطاع من الأرض يقع في الشمال.

- تكوين الهفوف: وهو أحدث تكوينات النيوجين ويعود إلى البليوسين وإليه تنتسب كل الكتل الجبلية بالأحساء. شكل رقم (٩).



شكل (٩) جيولوجية واحة الإحساء

المصدر: U.S. Geological Survey; Map 1-208 A
وزارة البترول والثروة المعدنية - الرياض - خريطة جيولوجية ج م - ٢٠٨أ - ١٣٩٩هـ (نصف مليونية)

٢ - **التكوينات الرباعية:**

وهذه تنتشر على أكبر مساحات الواحة. وقد ترسبت خلال البلايوستوسين والحديث، ولايتعدى سمكها عشرة أمتار. وحيثما توجد فإنها تغطي تكوين النيوجين وتنتمي إلى الرواسب الرباعية تكوينات متنوعة، منها الرواسب السلتية بالأراضي الزراعية، ورواسب السبخات الطينية والسلتية فضلا على الرمال المتحركة بكل صور الكثبان، وكذلك الحصى والحصباء وكل المفتتات الموجودة عند سفوح الكتل البارزة ورواسب الوديان الجافة. (زين العابدين ١٤٠٧ هـ).

تربة واحـــة الإحساء:

تضافرت عوامل كثيرة أثرت في تربة واحة الإحساء، لعل من أهمها طبيعة السطح، والتراكيب الجيولوجية والمناخ الصحراوي فضلا عن مياه العيون، وللإنسان دوره المؤثر على التربة في الماضي والحاضر. (رجب، ١٤٠٧هـ).

ولقد قام البراك (١٩٩٣) بتقسيم مواد الأصل لترب منطقة الإحساء إلى ما يلي:

أ - مواد أصل محلية وهي المفتتات الصخرية التي ترتكز على الصخر الذي اشتقت منه، ويمثل هذا النوع الحجر الجيري، والحجر الجيري الرملي، والمارل الرملي والطفل الرملي، والحجر الطيني.

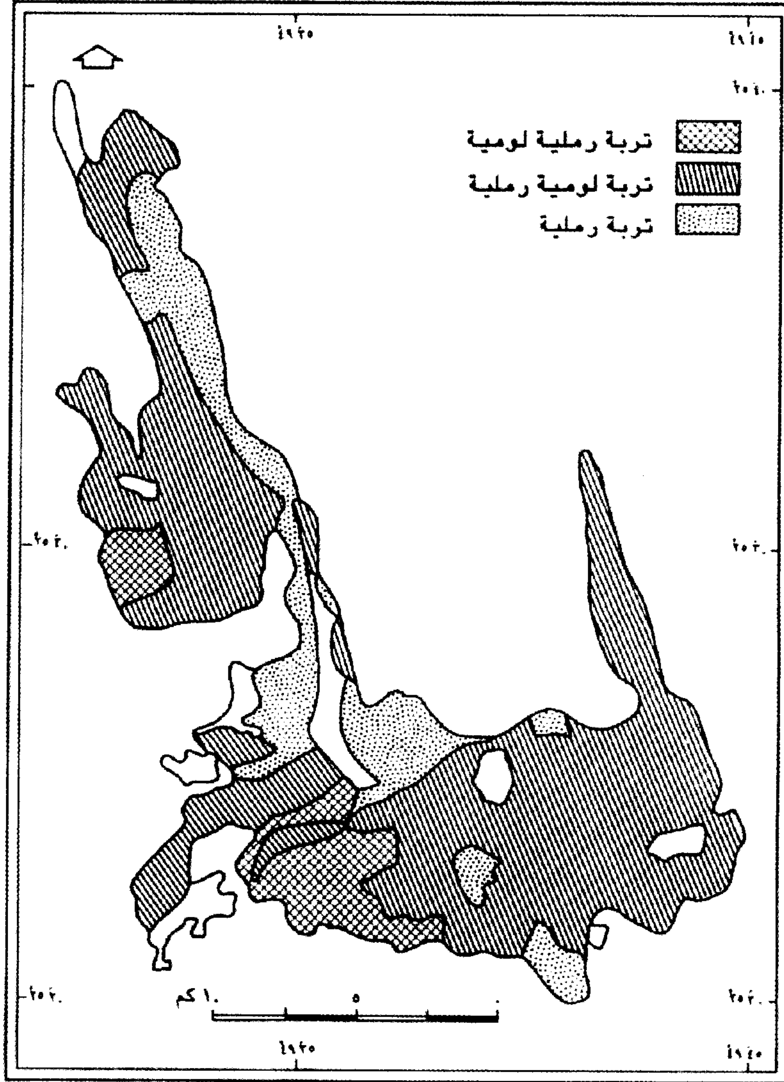
ب - مواد أصل رملية وهي عبارة عن مواد منقولة بواسطة الوديان وهي تشكل مادة الأصل للأراضي الزراعية في واحة الإحساء.

ج - رواسب المنحدرات وهي تلك المفتتات التي تنتشر حول التلال.

د - رواسب البحيرات وهي تمثل مادة الأصل للمناطق المغمورة بمياه (المستنقعات) الصرف والتي استصلحت بعد إنشاء مشروع الري والصرف.

ولقد قامت إدارة تنمية المياه في هيئة إدارة تشغيل مشروع الري والصرف في سنة ١٩٨٦م بدراسة ٢٣ حقلا داخل أراضي مشروع الري والصرف؛ فأظهرت أن قوام

تربة الحقول المدروسة إما أن تكون رملية أو تكون رملية طميية أو طميية رملية. (شكل رقم ١٠).



شكل (١٠) قوام التربة داخل أراضي مشروع الري والصرف بالإحساء
المصدر: إدارة تنمية موارد المياه، هيئة إدارة تشغيل مشروع الري والصرف بالإحساء، (١٩٨٦م).

الوضع الجيومورفولوجي للواحة:

تقع واحة الإحساء على ما يسمى بالسهل الأوسط أ والسهل التحاتي المركزي وهو عبارة عن منطقة منبسطة اتجاهها شمالي جنوبي، ويأخذ الشكل المروحي من الشمال حتى يبلغ عرضها عند العيون حوالي ٨ كيلومترات، ويأخذ شكل الواحة في الاتساع باتجاه الجنوب حتى يصبح عند الهفوف حوالي ٢٥ كيلومتر، ويحد هذا السهل الأوسط من الشرق رمال صحراء الجافورة، ومن الغرب حدباء الصمان وحافة هضبة الصمان (شدقم)، وتنتشر هنا وهناك بعض التلال الصغيرة الناتجة عن تعرية هضبة الصمان، لذا فان ارتفاع واحة الإحساء ليس متجانسا ضمن هذا السهل (الدخيل، ٢٠٠٢م) ويتضمن الشكل رقم (١١) المعالم المورفولوجية للواحة.

ويمكن تقسيم الواحة إلى ثلاث وحدات جيومورفولوجية أساسية هي:

١ - السهل التحاتي المركزي:

ويضم وحدات مورفولوجية فرعية أهمها: الواحات، وكتل جبلية داخلية، وأراضي صلبة مرتفعة، وسبخات وكثبان داخلية.

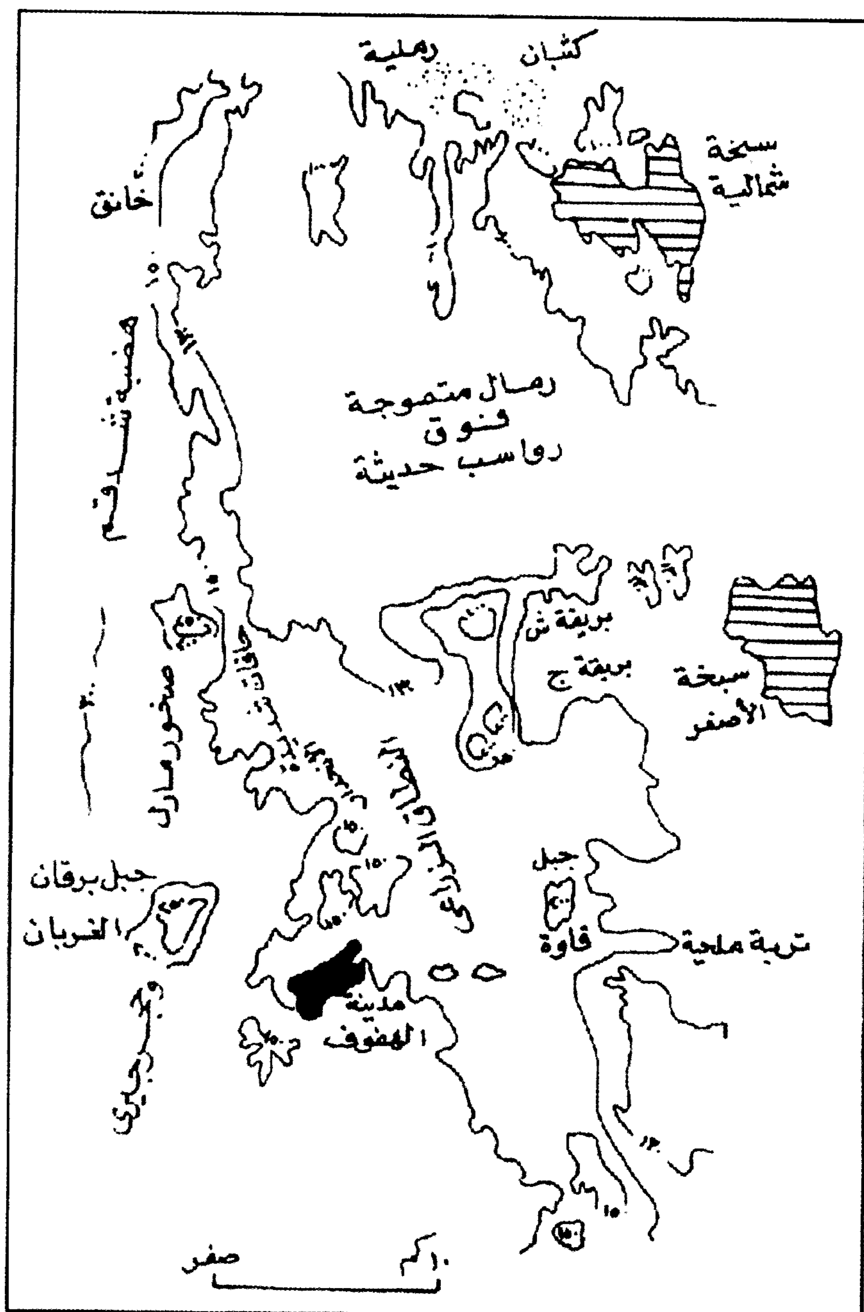
٢ - هضبة الصمان (شدقم) والجبال المحيطة بالواحة.

٣ - الصحاري الرملية المحيطة بالواحة (رمال - سبخات).

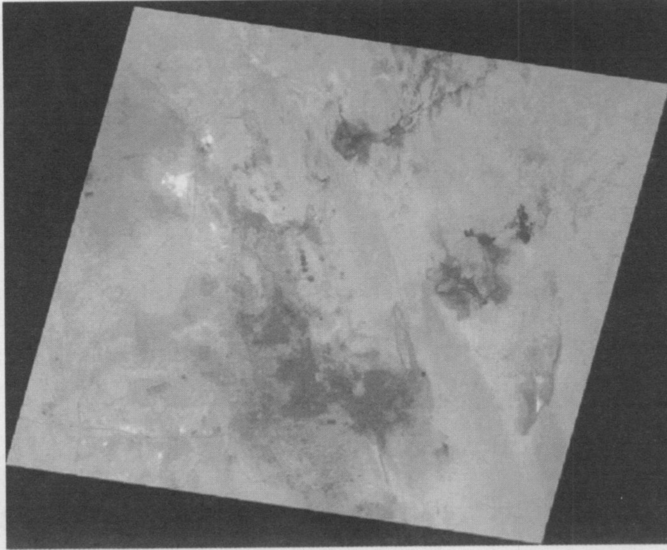
وقد حرصت الباحثة على إظهار هذه الوحدات الجيومورفولوجية من خلال تقنية الاستشعار عن البعد فقامت بما يلي:

أ - إعداد لقطة فضائية مصممة لاندسات Reticified Landsat Image ويتضح فيها معالم الواحة المورفولوجية بصورة مساحية. (الشكل رقم ١٢).

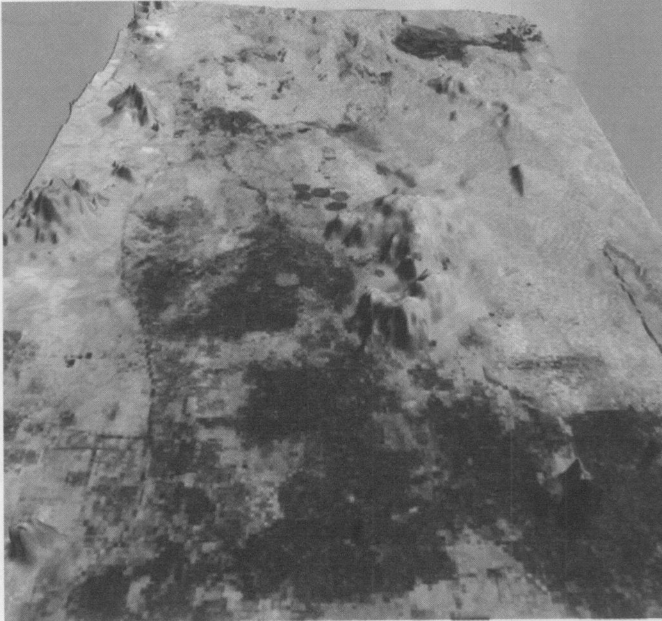
ب - إعداد مجسم ثلاثي Dem من اللقطة الفضائية(٢٠٠٢) Spot مع قاعدة طوبوغرافية من الخرائط ١: ٥٠, ٠٠٠ وذلك لإظهار هذه الوحدات بصورة مجسمة (الشكلان ١٢، ١٣).



شكل (١١) منخفض واحات الإحساء بأشكاله المورفولوجية
المصدر: محسوب، ١٤١٩هـ



شكل (١٢) لقطة لاندسات معدلة لواحة الإحساء Landsat image (2001) 5 / TM
المصدر: من إعداد الباحثة



شكل (١٣) مجسم DEM يظهر المعالم الجيومورفولوجية لواحة الإحساء
المصدر: من إعداد الباحثة

ونقدم فيما يلي نبذة مختصرة عن أنواع هذه الوحدات الجيومورفولوجية :

١ - السهل التحاتي (المركزي):

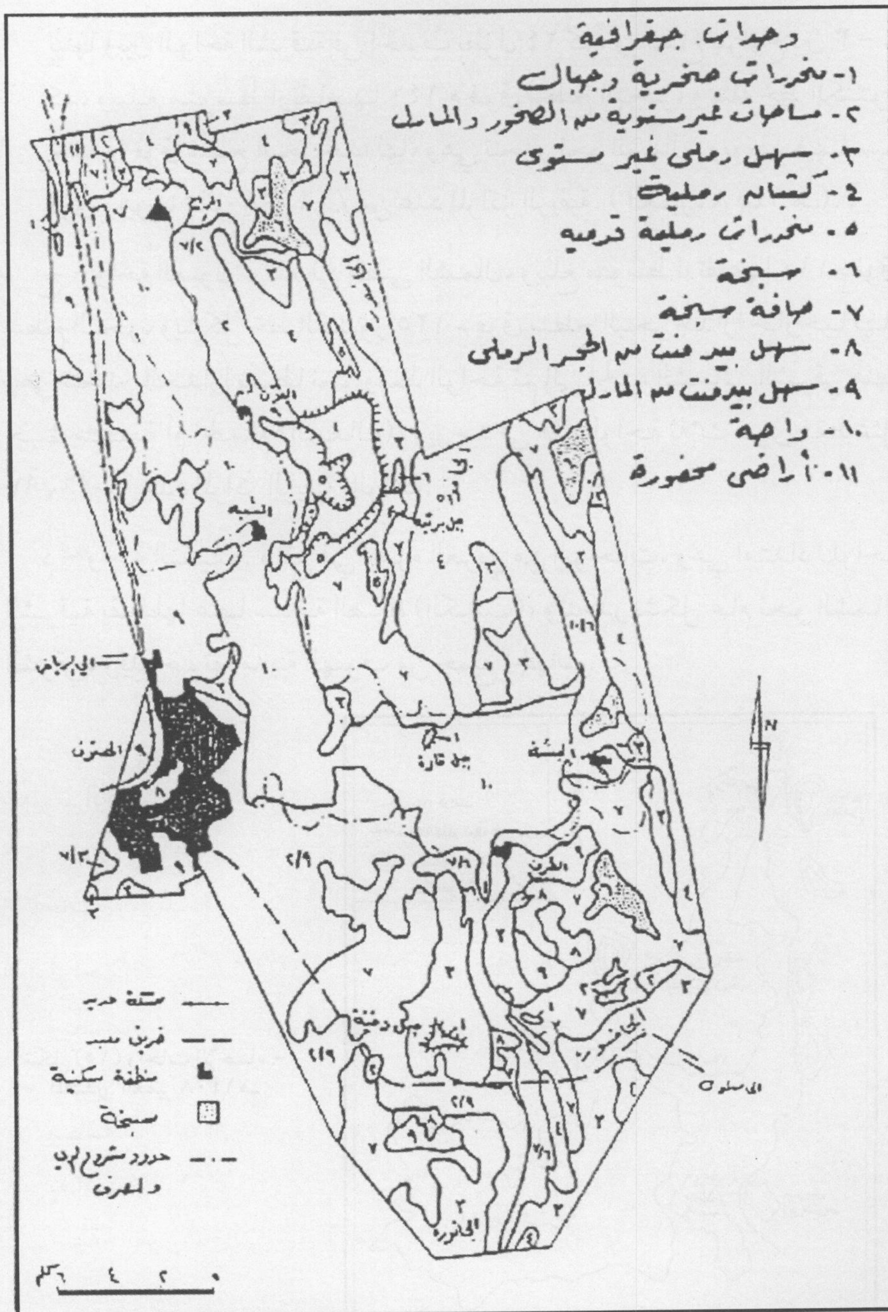
ويمثل منخفض الإحساء وتبلغ مساحته ٣٥٣ كم٢ وتشكل الواحات ٢٥٢ كم٢ من مساحته وهو ما يمثل ٣٩, ٧١٪ (العمير، ١٤٠٨هـ)، أما الباقي فيمثل الكتل الجبلية الداخلية، والأراضي الصلبة المرتفعة، والسبخات، والكثبان الداخلية. ووحدات مورفولوجية فرعية أخرى مثل السهول الرملية، ومساحات غير مستوية من الصخور والمارل، وسهل بيدمنت من الحجر الرملي والمارل وأراضي محفورة. ويظهر الشكل رقم (١٤) الوحدات الجيومورفولوجية المتواجدة إجمالا بالسهل التحاتي (المركزي). وفيما يلي نلقي الضوء على أبرز هذه الوحدات وهي:

١ / ١: الواحـــات:

وهي أربع درجات مختلفة المساحة تتصل فيما بينها وإن اختلفت مناسيب خطوط الكنتور التي تحددها حيث أن الفرق بينها بسيط ويعد خطا كنتور ١٣٠ و ١٥٠ فوق سطح البحر الخط المشترك بينها. ويوضح الشكل رقم (١٥) هذه الواحات، وموضعها بالنسبة لبعضها، وهذه الواحات الأربع هي:

أ - الواحة الشرقية (١٣٨ كم٢): وتمتد باتجاه شرقي غربي بطول يبلغ ٢٠ كم، ويعرض شمالي جنوبي يبلغ أقصاه ١٠ كم، ويشكل خط الكنتور ١٤٥ م فوق سطح البحر الحد الخارجي لها وهي تنحدر باتجاه الشرق. وتعد هذه الواحة منطقة الزراعة الرئيسية والعمران حيث يوجد فيها ثلاثة وثلاثون قرية وهو ما يعادل ٧٤, ٧٦٪ من عدد المراكز العمرانية الريفية، وقد اتصلت هذه الواحة بمنطقة الغويبة؛ والتي ترتفع عنها ١٠ أمتار (العمير، ١٤٠٨هـ).

ب - الواحة الشمالية (٩٨ كم٢): تمتد شمال لسان مجدس الرملي الذي يفصل

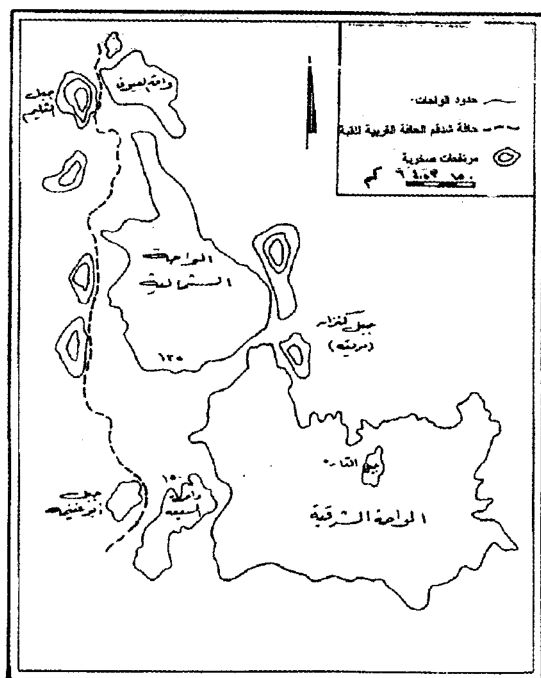


شكل (١٤) الوحدات الجيومورفولوجية الموجودة بالسهل التحاتي المركزي لواحة الإحساء
المصدر: وزارة الزراعة والمياه (١٩٨٠م)

بينها وبين الواحة الشرقية في الجنوب بطول ٢٤ كم، وباتساع يتراوح بين ٣ - ٦ كم، ويبلغ متوسط ارتفاعها ١٤٠ م فوق سطح البحر، ويمثله خط الكنتور ١٤٥ م، فوق سطح البحر حدا لها، وهي تنحدر نحو الشمال، ويوجد فيها سبع قرى وهو ما يماثل ١٦,٣٨٪ من عدد المراكز الريفية. (العمير، ١٤٠٨ هـ).

ج - واحة العيون: وتقع في أقصى الشمال، ويبلغ متوسط ارتفاعها ١١٠م فوق سطح البحر، ويشكل خط الكنتور ١٢٥ م فوق سطح البحر جدارا خارجيا لها، وهي تنحدر انحدارا بسيطا نحو وسط الواحة ثم إلى الجزء الشمالي الشرقي منها حيث سبخة أم الحمام (السفالة)، ويوجد في هذه الواحة ثلاث قرى فقط تمثل ٦,٩٧٪ من عدد المراكز الريفية بالواحة.

د - واحة السيفة: وتقع في الجزء الغربي من الواحات، وهي امتداد للواحة الشرقية يفصلها عنها سبخة الصراة (الكشت)، وتنحدر بشكل عام نحو الشمال الشرقي، وقد احتوتها مدينة الهفوف من جميع الجهات.



شكل (١٥) واحات الإحساء -
المصدر: العمير ١٤٠٨هـ

١ / ٢: الكتل الجبلية الداخلية:

يتخلل السهل المركزي بعض التلال الصخرية المنعزلة؛ والتي تمثل سقف قبة الإحساء الهابط أو حوافها ولم تشكلها عوامل التعرية؛ ودون هذه الكتل الجبلية تعرف بـ «القور».

أ - جبل بريقة (كنزان): يمتد بطول من الشمال إلى الجنوب يبلغ حوالي ١٧ كم، ومتوسط عرضه من الغرب للشرق نحو ٤ كم، وهو يطل على حقل الرمال الرئيسي بحافة شديدة الانحدار هي حافة كنزان التي ترتفع بحوالي ٢٨٠ م فوق مستوى سطح البحر، وينخفض سطح الجبل بالتدريج نحو الشمال الغربي، حيث يندمج في منطقة التلال الرملية عند قرية القرن (البراك، ١٤١٤هـ). وينقسم جبل بريقة إلى قسمين، شمالي بارتفاع (٢١٨ م)، وجنوبي بارتفاع (٢٤٦ م) فوق سطح البحر، ويفصل بين الجزأين فتحة بعرض ٦٠٠م غربا، وتتسع عند مستوى الواحة إلى ٢ كم. وكان لوجود هذه الفتحة أثر في مرور الرمال منها باتجاه الجنوب الغربي مكونه بذلك لسان محيرس. وعامة فإن هذا له دور بارز في حماية الواحة الشمالية من خطر الرمال (العمير، ١٤٠٨ هـ).

ب - جبل القارة (الشبعان): وهو مجموعة من التلال المتباعدة التي تفصل بينها المزارع و هي جبل القارة، وجبل التويثير وجبل الشبعان وأكبر جبل هو القارة الذي يبلغ أقصى ارتفاع له ٢٠٧م فوق سطح البحر، وتمتد هذه التلال من الشمال إلى الجنوب على محور واحد فيفصل أجزاء الواحة الشرقية إلى قسمين شرقي وغربي. وتمتاز هذه التلال بكثرة الشقوق والكهوف بفعل الحت المائي. (العمير، ١٤٠٨ هـ). وهناك جبل آخر يسمى العنوز شمال شرق الهفوف (عيد، ١٣٩٩ هـ)، كما يوجد جبل أبو خصيص الذي يقع إلى الشمال الشرقي من جبل القارة (Champman , 1978) ويمكن تمييز هذه الكتل الجبلية في الأشكال المجسمة Dem ذوات الأرقام (١٢)، (١٣).

١ / ٣: الأراضي الصلبة المرتفعة:

وتنتشر في الواحات على ارتفاعات بسيطة عن سطح الواحات فيما بين (٢ - ٨ م) على هيئة الشكل المثلث، وتفصل بين شرق الواحة وغربها على امتداد جبل كنزان والشبعان والثوثير وأهمها الأراضي الجرداء الصلبة جنوب المنصورة والشهارين (العمير، ١٤٠٨ هـ).

١ / ٤ : السبخات و الكثبان الداخلية:

معظم السبخات الداخلية تحولت إلى أراضي صالحة للزراعة بعد انجاز مشروع الري والصرف، وهي:

أ - سبخة الزريب: كانت تقع بين الأراضي الزراعية الواقعة إلى الشمال من قرية القرين والشعبة وجنوب قرية الجليجلة.

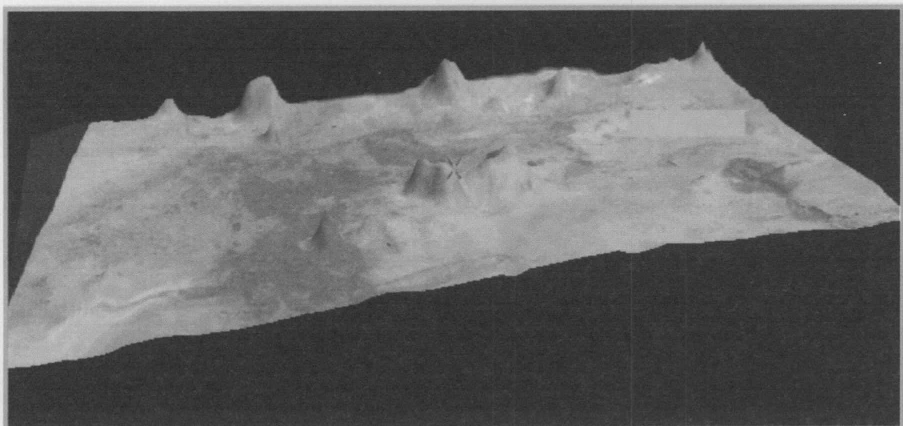
ب - سبخة تمتد إلى الشمال من بلدة القرن وحتى جنوب المراح وقد استصلح منها الجزء الجنوبي.

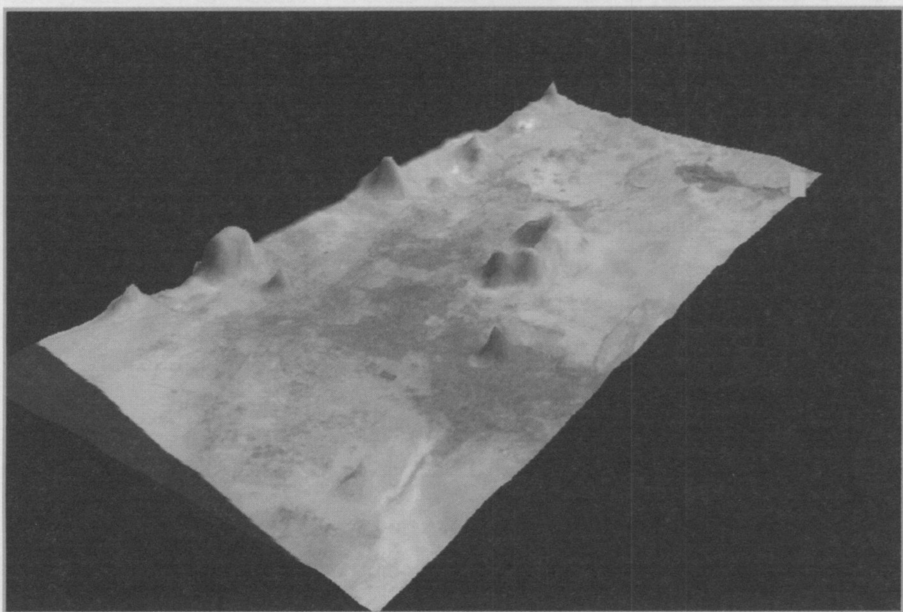
ج - سبخة كانت تقع إلى الشرق من مدينة العمران واستصلحت للزراعة.

د - سبخة كانت بين الطرف الشمالي الشرقي لمدينة الهفوف والطرف الجنوبي لمدينة المبرز، و قد تحولت إلى مناطق عمرانية (الطاهر ١٤١٩ هـ).

٢ - هضبة شدقم والجبال المحيطة بالواحة:

تقع هضبة شدقم على امتداد شرقي لهضبة الصمان شمال غرب الهفوف فيما بين عرض ٣٤ ٢٥ْ و ٤٧ ٢٥ْ شمالا. ويعتقد أن هضبة شدقم قد بدأت في الارتفاع منذ البلايوسين واستمر خلال البليستوسين مع تعرضها خلال هذه الفترة لبعض التغيرات المحدودة على سطحها الذي يتميز بالاستواء، كما أثرت التغيرات المناخية





شكل (١٣) شكل مجسم Dem للكتل الجبلية المنعزلة في واحة الإحساء
المصدر : من إعداد الباحثة

في البليستوسين والحديث في بنائها.(محسوب، ١٤١٩هـ).

ويغطي سطح الهضبة صخور رسوبية أغلبها طبقات جيرية قارية النشأة (تكوينات الهفوف) Hofuf Formation وهذا التكوين إما أنه تكون في عصر الميوسين المتأخر أو في عصر البلايوسين، ويبلغ سمكه ٩٥م، ويتألف من صخور الكنجلوميرات الحمراء إلى البنية المحمرة أو الرمادية، وحجر رملي، وحجر جيري رملي، ومارل رملي، وطفل رملي ويعلو رسوبيات الهفوف القشرة الجيرية الصلبة Duricrust بينما ترتكز على رسوبيات بحرية لتكوين اللدام والذي يختفي بالإتجاه نحو الداخل غربا (البراك ١٤١٤هـ). ويكثر في هذا التكوين الفواصل الرأسية والشقوق، وتتسم هضبة شدقم بسطح مستو إلى درجة كبيرة، وحافتها الشرقية بارزة وذات حروف غير منتظمة، وقد حدث لها تعرية حادة وتظهر الآن بوصفها شكلا من أشكال سطح الأرض المعقدة. ويختلف ارتفاع الحافة الشرقية لهضبة شدقم من جهة إلى أخرى، حيث يبلغ في الشمال حوالي ٦٠ م ويزداد جنوبا فيصل إلى ٢٩٠م ثم ينخفض جنوبا إلى ٤٥م فوق سطح البحر (الطاهر، ١٤١٩هـ). ومن ملامح شدقم الجيومورفولوجية:

أ - الجروف رأسية أو في شكل مصاطب بنائية Structural Benches.

ب - وجود العديد من الحفر الكارستية العميقة والكهوف.

ج - ظهور العديد من الصخور الارتكازية والتلال المنعزلة التي تظهر كجزر جبلية منعزلة وسط مناطق أقل منسوبا في سهول الإحساء وهي من تكوينات الهفوف، وقد ذكرنا منها ما يتواجد داخل السهل المركزي للواحة، وتبدأ من تل بريقه الشمالي والجنوبي وتويثير وقارة وأربع وغيرها. ولكن تتواجد جزر جبلية أخرى في شكل نطاق يقع في الجهات الشمالية والغربية والجنوبية للواحة، وعادة ما يطلق لفظ برقاء على الكتل الجبلية (الطاهر، ١٤١٩هـ).

ويتضمن الجدول رقم (٧) أهم الجبال المحيطة بالواحة. كما يبرز المجسم Dem (شكل رقم ١٣) هذه الكتل الجبلية مجسمة في الأبعاد الثلاثة.

د - ومن المعالم الجيومورفولوجية لحافة شدقم وجود أودية كبيرة يصل طولها ما بين ١ - ٢ كم، (شكل رقم ١٥)، كما توجد أيضا أخاديد ضيقة وصغيرة.

جدول (٧) الجبال المحيطة بواحة الإحساء

الجهة	الجبال	الارتفاع والامتداد	الموقع
الشمالية	جبل غريميل	٢٠٠م (١ كم × ١,٥ كم)	يبعد عن الهفوف ٦٥كم غرب
	برقاء أبو الدلاسيس	(٢ كم × ١ كم)	طريق الهفوف - أبقيق
	برقاء المثلوث	٢٣٥م	شمال مصنع الأسمنت
	برقاء معيزلة	١٩٠م	جنوب برقاء المثلوث
	أبرق أبو المدافع	١٦٠م	جنوب غرب معيزلة
الغربية	برقاء الثليم	٢٢٧م (٣٠ كم)	غرب مدينة العيون
	برقاء العيون	٢٠٠م (٣,٥ كم)	جنوب شرق الثليم
	برقاء الركبان	---	غرب طريق الهفوف أبقيق
	جبل أم الغربان	٢٢٠م (٣ كم × ٢,٥ كم	جنوب غرب الركبان
	جبل أبو غنيمة	٢٧٢م	غرب مدينتي الهفوف والمبرز
	برقاء الفار		غرب جبل أبو غنيمة
الجنوبية	برقاء ملذة	٢٣٠م	جنوب غرب جبل أبو غنيمة
	جبل الخرماء	٢٤٤ × (٢٠ كم × ١٠ كم)	دائرة عرض ٢٥ْ شمالا وخط طول ٣٧ ٤٥ْ
	جبل المضياعة	---	
	جبل مريقب	---	شرق الخرماء
	جبل دحنة	٢١٦م	شمال شرق جبل الخرماء
	جبل الأربع	١٩٦م	منطقة الغوبية
			جنوب جبل دحنة (الغوبية)
الشرقية	مرتفعات أبريقاء وجبل كتران	٢٢٥ م (٥ كم × ٤ كم)	أشرنا إليها كمرتفعات داخل الواحة بالقرب من الجهة الشرقية

من تجميع الباحثة: بتصرف من كتاب الطاهر (١٤١٩هـ).

شكل (١٥) نظام التصريف السطحي في منطقة الإحساء

المصدر: Leichtweiss - Institute, Research Team, (1979), The Water Potential of the Al-Hasaa Ossis, Pub. No. 38

٣ - الصحاري الرملية المحيطة بالواحة (رمال - وسبخات):

تحيط صحراء الجافورة بواحة الإحساء من جميع الجهات ما عدا الجهة الغربية، وتتكون هذه الصحراء من رمال ريحية ذات لون برتقالي مصفر (شابمان، ١٩٧٨) في شكل فرشات رملية وكثبان رملية متحركة كنتيجة للرياح الشمالية والشرقية والجنوبية وهذه الرمال تهدد كامل الواحة منذ قرون عديدة (الجبر، ١٩٨٤).

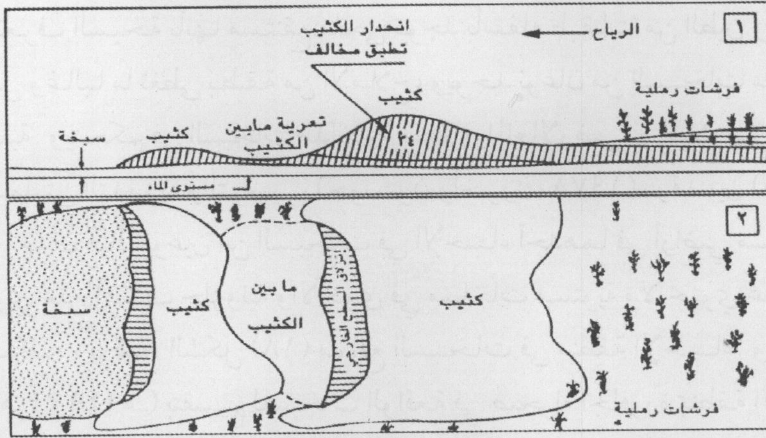
وتنحدر الرمال بالتدريج نحو الشرق وتستقر على أساس من أحجار العصر الثلاثي والحجر الرملي والجيري المارل، لذا تكثر السهول المنبسطة والوهاد والسبخات في الجزء الشرقي منها، (الشكل رقم ١٦). وتشتمل الرواسب الريحية عامة على الكثبان الرملية وما بين هذه الكثبان الرملية توجد الفرشات الرملية والسبخات. ويمكن توضيح هذه العلاقة في الشكل رقم (١٧) من خلال لقطة فضائية (Landsat TM) لمدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية و الشكل التخطيطي (Fryberger 1984). وقد تم تصنيف الرواسب الريحية المحيطة بالواحة بمعرفة كثير من الباحثين، ونوجزها فيما يلي:

- حقل الرمال الرئيسي: ويقع شمال الواحة بمساحة حوالي ٦٠٠٠ هكتار ويتألف من فرشات رملية/ كثبان رملية هلالية أو طولية ومستعرضة ومستديرة منفردة أو على هيئة مجموعات، ويبلغ ارتفاعها حوالي ٢٥ - ٣٥ م فوق سطح الأراضي الزراعية المجاورة (البراك، ١٤١٥هـ).

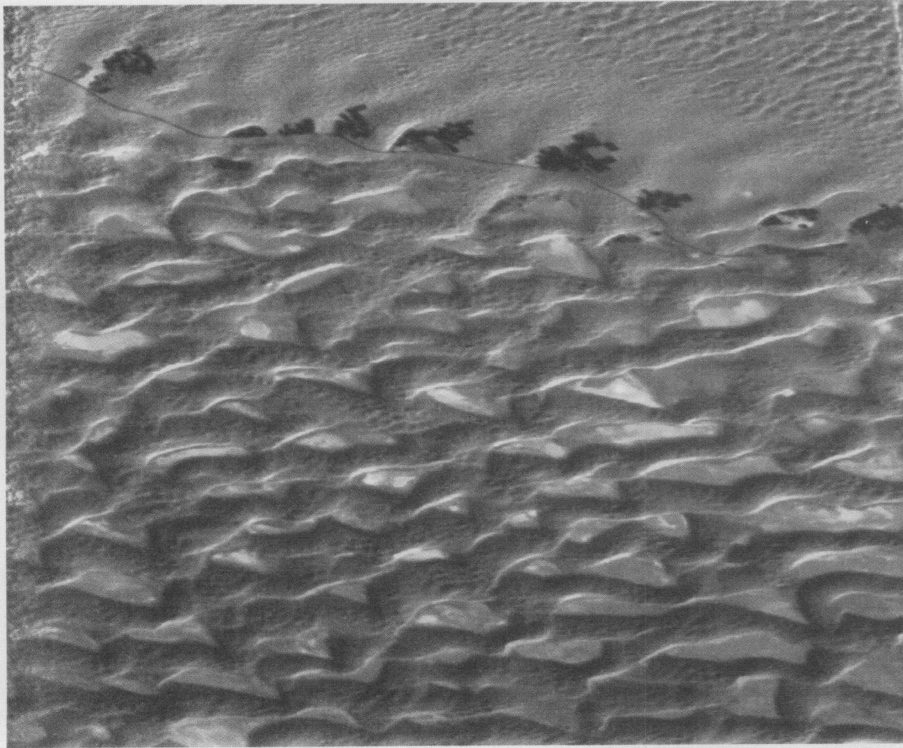
ويهدد هذا الحقل الواحة مباشرة خاصة قبل مشروع حجز الرمال، ويطلق على هذه الرمال عروق الفواجية (الطاهر - ١٤١٩ هـ).

- كثبان المرقب وتوجد في الجزء الشرقي من قرية الجشة، وعلى ارتفاع يبلغ ١٣٠م فوق سطح البحر. (البراك، ١٤١٤هـ).
- كثبان المضاعبة وهي سلسلة من الكثبان الرملية تقع في الجنوب على ارتفاع ١٧٥م فوق سطح البحر (الجبر، ١٩٨٤م). وكما أشرنا تكثر السبخات في الصحاري الرملية بالجافورة.

شكل (١٦) الصحاري المحيطة بالواحة (رمال وسبخات)
المصدر: حماية البيئة الفطرية الزراعية بالإحساء



Source: Fryberger, S.G. et. al., (1984), Wind Sedimentation in the Jafurah sand sea, Saudi Arabia, Sedimentology. Vol., 31, 413 - 431.



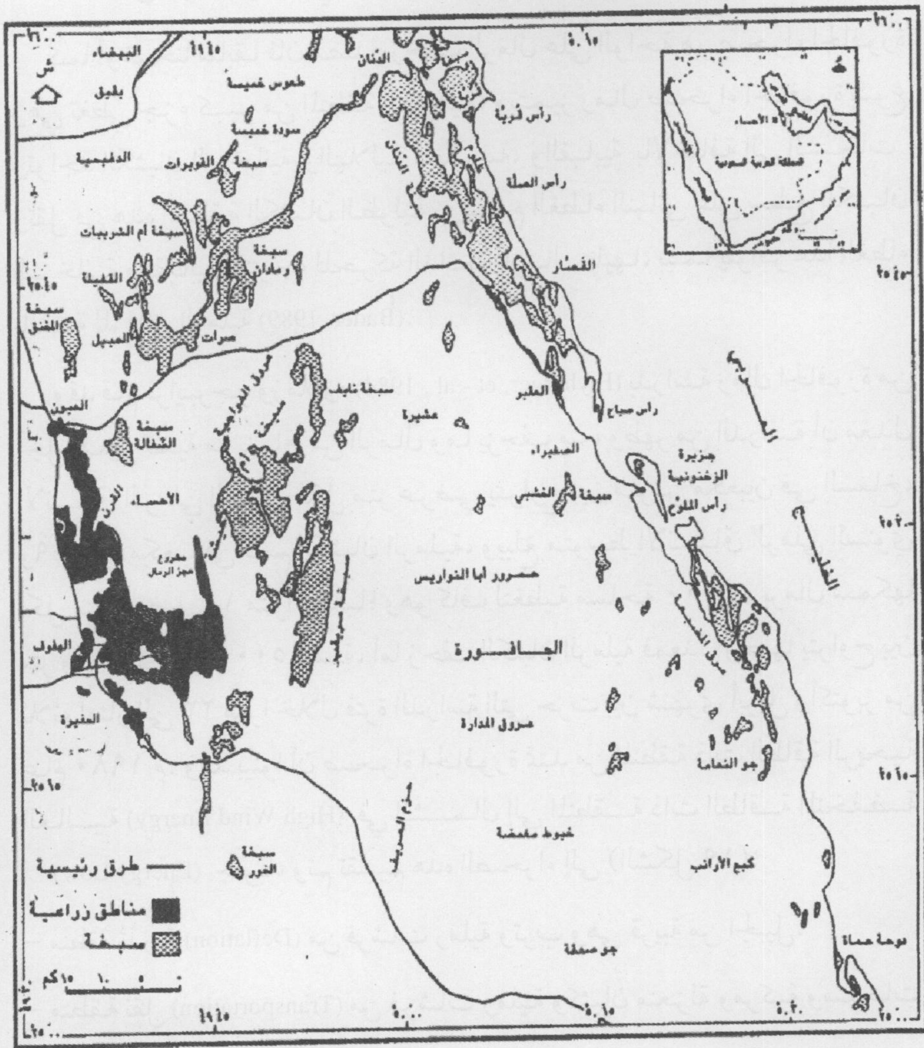
شكل (١٧) العلاقة النموذجية بين السبخات والكثبان الرملية والفرشات الرملية كتضاريس أرضية
المصدر: مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية - لقطة فضائية Landsat TM

وتعرف السبخة بأنها مستنقع ملحي توجد بأسفله طبقات من الطين والسلت والرمل وغالبا ما تغطى بطبقة من الأملاح، ويوجد نوعان من السبخات ساحلية وداخلية. ويتحكم في السبخات الداخلية مستوى الماء الأرضي، وحيث يتم التوازن بين عمليتي التدمرية والترسيب (جونسون وآخرون، ١٩٧٨)، وقد بين (البراك. ١٩٨٨م) أن هناك نوعين من السبخات في الإحساء أحدهما في أراضي مستنقعية وتحتوي على أصدف حلزونية والأخرى في مساحات مستوية ولا تحتوي على هذه الأصداف. ويوضح الشكل (١٨) مواقع السبخات في منطقة الإحساء. وقد قام (الطاهر، ١٤١٩هـ) بتقسيم للسبخات الواقعة في صحراء الجافورة بمنطقة الإحساء وقد حصرتها الباحثة في الجدول رقم (٨).

جدول رقم (٨) السبخات المحيطة بالوحة

الجهة الشمالية	الجهة الشرقية	الجهة الجنوبية
المخنق ١ , ٩ كم٢	الأصفر	شرق جبل دخنة (٣٧ , ٢ كم٢)
العقيلة ١٨ , ٣ كم٢	السفالة ٧٢ , ٩ كم٢	مطيوى (٩٢ , ٧ كم٢)
أم عكرة ٧٨ , ٠ كم٢	أم حيشة ٣١ , ٦٨ كم٢	الخور (٩٧ , ٢ كم٢)
النهر ٦٦ , ٠ كم٢	المريقب ٣٨ , ٦٩ كم٢	سبخات مريطة والعصلا
أم الخشوف ٨٣ , ١ كم٢	نايف ٢٠ , ١٩ كم٢	(٣٩ , ١٤ كم٢)
أبو مريخة		
الرخوة		
أبو الخيقان		
الشنانة		
البحث		
غيثم		
السود		
صراة الجبيل		
رمادان ٢٣ , ٨٦ كم٢		

من إعداد الباحثة بتلخيص من كتاب (الطاهر، ١٤١٩هـ)، الإحساء، دراسة جغرافية



شكل (١٨) السبخات في منطقة الإحساء
المصدر: خريطة الهفوف رقم ١٠ ى NG ٣٩ مقياس ١:٠٠٠, ٢٥٠، وزارة البترول والثروة المعدنية، الرياض ١٩٧٧م

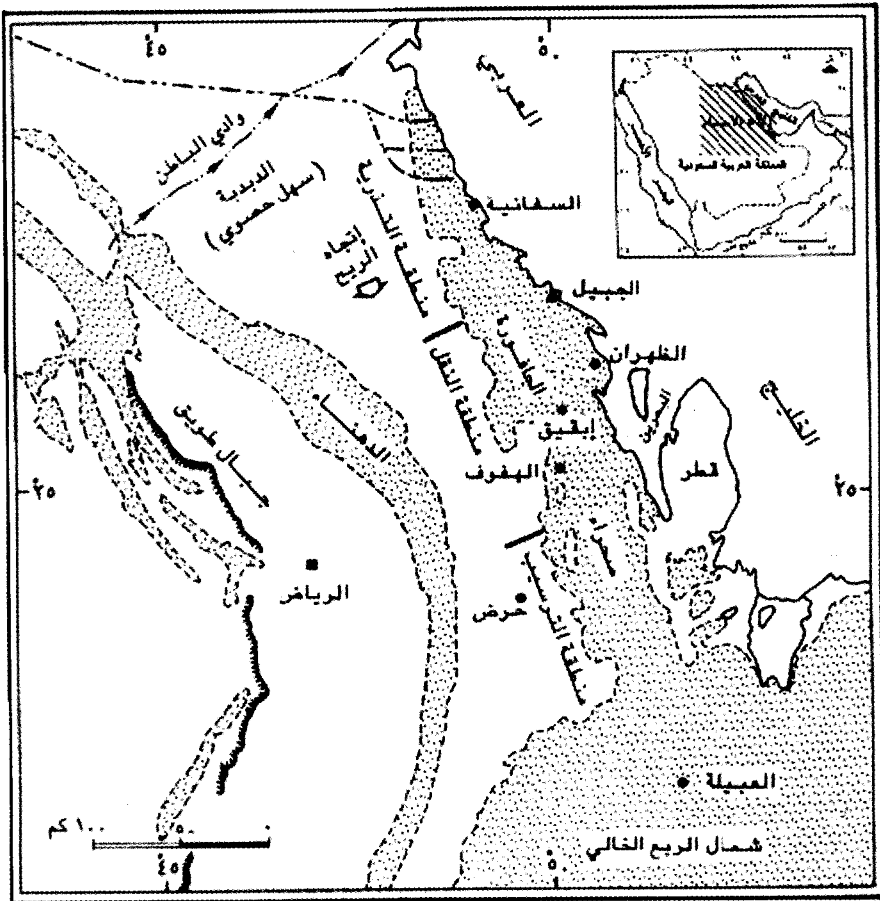
دراسة حركة الرمال:

أ - مقدمة عن حركة الرمال في صحراء الجافورة (كمصدر للرمال في الواحة):

كما أوضحنا سابقا فان مصدر زحف الرمال على الواحة هو صحراء الجافورة وهي تغطي جزء كبير من المنطقة الشرقية، وتتميز رمال صحراء الجافورة بتنوع وتواجد الكثبان البرخانية والهلالية المعكوسة، والقبابية بالإضافة إلى السبخات. وتقل في هذه المنطقة الكثبان الطولية، وينعدم الغطاء النباتي على سطح الكثبان البرخانية والقبابية كنتيجة للحركة الدائمة للرمال عليها، بينما يتوافر هذا الغطاء بالنسبة للرقائق الرملية (Bader ,1989).

وقد قام فرايبرجر وزملاؤه (Fryberger, et - al , 1984) بدراسة رمال الجافورة من أجل تقدير كمية ما ينساق من الرمال وما يزحف منه، وظهر من الدراسة أن معدل الانسياق الرملي السنوي لكل متر عرضي يتراوح بين مترين مكعبين في السباخ، و٢٩ مترا مكعبا في قمم الكثبان الرملية، ويبلغ متوسط الانسياق الرملي السنوي لكل متر عرضي ١٨ مترا مكعبا؛ وهو كاف لتغطية مساحة ١٠٠ كم برمال سمكها متر واحد في خلال ٥٥٠٠ سنة، أما زحف الكثبان الرملية فمعدل زحفها يتراوح بين ثلاثة أمتار إلى ٢٣ مترا خلال فترة الدراسة التي جرت بين شهري أبريل وأكتوبر من عام ١٩٨٠ م. وقد بينوا أن صحراء الجافورة تمتد من المنطقة ذات الطاقة الريحية العالية (High Wind Energy) في الشمال إلى المنطقة ذات الطاقة المنخفضة (Energy Low) جنوبا، وتم تقسيم هذه الصحراء إلى (الشكل ١٩):

- منطقة تذرية (Deflation) من فرشات رملية وترب وهي قريبة من الجبيل.
- منطقة نقل (Transportation) من فرشات رملية وكثبان منعزلة ومركبة وسبخات بالقرب من أبقيق.
- منطقة ترسيب (Deposition) بالقرب من الهفوف.



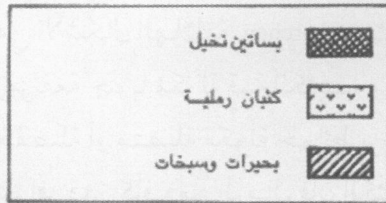
شكل (١٩) الرواسب الريحية في شرق المملكة العربية السعودية

المصـــــدر: Fryberger, S.G. et, al., (1984), Wind Sedimentation in the Jafurah Sand sea, Saudi Arabia, Sedimentology, Vol., 31, 413-431.

وفي دراسة بدر (Badr , 1989) ذكر أن هناك نوعين من حركة الرمال في منطقة رمال الجافورة بالمنطقة الشرقية هما: الانسياق الرملي وزحف الرمال، ويتباين معدل الانسياق الرملي بين الوحدات الجيومورفولوجية المختلفة خلال العاصفة الواحدة. ففي المنطقة الشرقية عموما يتم تسجيل حركة رمال ضخمة خلال أشهر الصيف (يونيو، يوليو، أغسطس) وفي بعض الأحيان يتم تسجيل أعلى معدل للإنسياق الرملي خلال أشهر الربيع، وأعلى معدل سنوي للإنسياق الرملي لكل متر عرضي يوجد في الكثبان الهلالية (١٢٢٠٠٠ كجم)، وتليها الكثبان القبابية (٤٩٠٠٠ كجم) ثم الكثبان المعكوسة (٤٧٠٠٠ كجم)، فالكثبان المعكوسة ذات الغطاء النباتي الجزئي (٢٩٠٠٠ كجم)، وتحل الفرشات الرملية المثبتة في المركز الأخير (٨٢٠ كجم)، وفي السباخ هناك حركة بسيطة للرمال بسبب ارتفاع مستوى الماء الباطني فيها، أما حركة الكثبان والحوائط الرملية فهي صغيرة نسبيا، وتعتمد بشكل رئيسي على قوة الرياح ونوع وحجم الكثبان.

ب - دراسة حركة الرمال في واحة الإحساء:

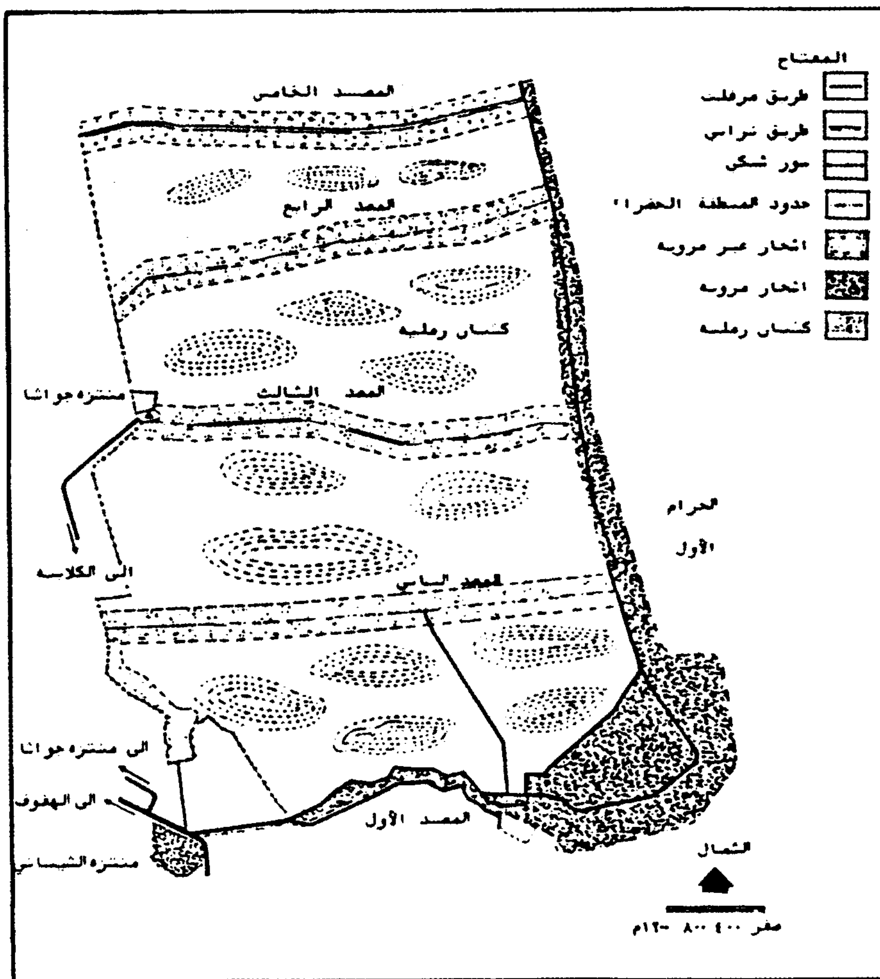
تقع منطقة زحف الرمال جهة شمال وشرق الواحة؛ وتبعد الأطراف الجنوبية لهذا الإقليم الرملي نحو ٢٢ كم إلى الشمال الشرقي من مدينة الهفوف مركز الإحساء (شكل رقم ٢٠)، ويحد الإقليم الرملي من الشرق سبخة الأصفر، ومن الغرب كل من جبل الشعبة و «بريقة» والأطراف الشرقية للجزء الممتد بين «العيون» في الشمال و«الكلابية» و«المقدام» في الجنوب (أبو الخير، ١٩٨٤هـ). ويمتد هذا الإقليم جهة الشمال (وحيث تقع واحة الإحساء) وجهة الشرق كامتداد طبيعي لصحراء الجافورة، والأشكال الأرضية في هذه المنطقة تشتمل على سهل رملي، وكثبان، وسبخات، وكثبان رملية، (يراجع الشكل رقم ١٤ الوحدات الجيومورفولوجية في الواحة) و يمكن تمييز أنـواع من البرخانات والحواجز البرخانية والفرشات الرملية، والكثبان القوسية (القطع المكافئ) parabolic dunes كما تنتشر السبخات. وفي



شكل (٢٠) منطقة زحف الرمال بواحة الإحساء
المصدر: حماية البيئة الفطرية الزراعية بالواحة (١٤١٣هـ)

وفي دراسة ميدانية أجراها (عبد القادر، بدون تاريخ) لاحظ أن أكثر الأشكال انتشارا هي الأشكال الهلالية barchan حيث أن المنطقة الشمالية تكون منخفضة شمالا، ومرتفعة جنوبا مكونة قمة الكثيب، ويتراوح ارتفاعها ما بين ٢ - ١٢ مترا، وقد تكون منفصلة أو متصلة مكونة حوائط برخانية barchanoid ridges، كما لاحظ أنه عندما يتوافر قدر كاف من الرمال فان الكثبان العرضية Transverse تتكون ويصل أقصى ارتفاع لها عندما تتكون حالة من الإتزان بين سرعة الرياح وشدتها مع الرمال، كما يوجد نوع من الكثبان يرجع تشكيله إلى التثبيت الجزئي للنباتات مع ارتفاع في الرطوبة النسبية، ويمثل الشكل الصحني blowout dunes والشكل القوسي parabolic dune، هذا وتجدر الإشارة إلى أن كثيرا من الكثبان الرملية التي توجد على شكل برخان تتحول إلى شكل آخر يسمى سيف Seif وتكون كنتيجة لتغيير اتجاه الرياح، وتكون أيضا منخفضة في الناحية الشمالية ومرتفعة من الناحية الجنوبية وتأخذ الشكل الطولي المحدب من قمته، وأحيانا تأخذ شكل طول مستوى السطح وتعرف عندئذ بالجسور الرملية Sand levees أو ظهور الحيتان Whalebocks. ويتراوح حجم الرمال في منطقة الدراسة من الدقيق إلى المتوسط، وهي رمال صفراء مستديرة الحبيبات، قاربه المنشأ يشكل الرمل الخشن ٥٨,٨٪ منها، والناعم ٤١,١٪ (العبد الواحد، ١٤٠٢هـ)، ويتحكم في حركة الرمال عوامل عدة مثل اتجاه الرياح، وفترة هبوبها، وحجم الحبيبات، وطوبوغرافية المكان، وخشونة السطح، وكثافة الغطاء النباتي، وكمية التساقط.

كانت الرمال حتى عام ١٩٦٢ م - ١٣٨٢ هـ حيث قام مشروع حجز الرمال (شكل ٢١) تشكل خطرا يهدد عددا من المراكز العمرانية في الشمال الشرقي من الواحة الشرقية، وذلك في كل من قرى العمران الشمالية، والعمران الجنوبية، وأبو الحصى، والحليلة، والمقدام، والكلابية، والتويثير، والحوطة، والرميلة، وكل الأراضي الزراعية التابعة لهذه القرى. ولقد غمرت الرمال قرى ومدنا كانت قائمة (مثل جواثا والكلابية القديمة، والناظرة، وواسط) وانتقل أهلها إلى قرية الحليلة، كما أن المراكز



شكل (٢١) مشروع حجز الرمال (الموقع العام لمنتزه الإحساء الوطني)
المصدر: مشروع الري والصرف بالإحساء، وزارة الزراعة والمياه، الهفوف ١٩٨٨م

---

* يتكون مشروع حجز الرمال (منتزه الإحساء الوطني) من خمسة مصدات مشجرة حيث يبلغ طول المصدر الرئيسي الأول حوالي ٢٠كم ويتراوح عرضه بين ٤٠٠ - ٦٠٠م، ويتم ري المصد الأول بواسطة قنوات الري، ويأخذ هذا المصد الشكل (لـ) أما بالنسبة للمصدات الأربعة الأخرى فيبلغ طول كل منها ٥كم تقريبا، ويتراوح عرضها ٤٠٠متر، وتم إثبات الأشجار المزروعة في هذه المصدات الأربعة بطريقة الزراعة الجافة (بدون ري). وقد تبع هذا المشروع عدة مناطق تم تشجيرها وهي: صويدرة، جواثا، الشيباني، الحزام الأخضر لمنطقة العيون، حزام منطقة الأصفر (عبدالواحد، ١٩٨٢م).

العمرانية الأحدث اتجهت بعيدا عن الرمال؛ وذلك كما هو الحال في قرية المنصورة الحديثة (العمير، ١٤٠٨ هـ). فلقد كانت الرمال تزحف على المنطقة وتغطي ١٠ أمتار من عرض الواحة الشرقية سنويا حاملة معها كمية ٢٣٠,٠٠٠م٢ من الرمال تغطي ٢٠٠٠٠ م٢ من مساحة الواحة سنويا (العبد الواحد، ١٤٠٢هـ). وطمرت الرمال من مساحة الواحة ما يقدر بستين هكتارا كانت مزروعة في الماضي ويدل على وجودها بقايا النخيل وقنوات الري وأحواض الزراعة التي تتخلل الكثبان الرملية، وكان للرمال أيضا آثار بيئية على الواحة تتمثل في تكوين المستنقعات والسبخات في قواعد الكثبان الرملية مما تسبب في كثرة البعوض وانتشار مرض الملاريا خاصة في منطقة العمران وما حولها؛ كما كان لها أثر في إثارة الغبار والأتربة في الجو مما ساعد على انتشار الأمراض الصدرية كالربو ونحوه، وتلوث الجو مما أوجد مشكلات صحية (تقرير مكافحة الملاريا، ١٤٠٠هـ).

وهذه الآثار بالرغم من الحد من خطورتها بعد مشروع حجز الرمال إلا أنه ما زالت هناك بعض المخاطر، فمثلا تواجه مزارع النخيل الواقعة في شمال الواحة والمواجهة مباشرة لمنطقة الرمال الزاحفة مشكلة زحف الرمال عليها، ولا نستطيع المقاومة لتلك الرمال الزاحفة مثل أشجار الثل. (شعث، ١٤١٠هـ)، وقد أظهرت بعض الدراسات نتائج تعتبر مؤشرات لضرورة المتابعة المستمرة لمشكلة زحف الرمال بالواحة ككل وينقسم زحف الرمال فيها إلى نوعين؛ النوع الأول هو الانسياق الرملي Sand drift أي حركة أو زحف الحبيبات الرملية فوق أسطح الكثبان، والفرشات الرملية عندما تصل الرياح إلى ٥,٥ متر في الثانية، والنوع الثاني هو زحف الكثبان والحوائط الرملية Barchanoid Mass Movement والتي تبدأ آثارها في الوضوح عندما تزيد سرعة الرياح عن ٩ أمتار في الثانية. وقد أفاد (أبو الخير، ١٩٨٤م) أن خطورة الانسياق الرملي في الواقع أكبر من خطورة زحف الكثبان والحوائط الرملية وذلك لقابلية الرمال للانسياق عند سرعة بطيئة نسبيا وكذلك بسبب قدرتها على التحرك لمسافات أطول في نفس الوقت من تلك التي تقطعها

الكثبان من جانب آخر، يضاف إلى ذلك أن الستار الرملي الناجم بفعل الانسياق الرملي يغطي مساحات أوسع وفي وقت أقصر من تلك المساحات التي يمكن أن تغطيها الكثبان الزاحفة في نفس الوقت.

وقد أوضحت الدراسة الميدانية التي أجراها (أبو الخير، ١٩٨١م) خلال الفترة من بداية فبراير حتى نهاية شهر يونيو من عام ١٩٨٠م بواحة الإحساء أن حوالي نصف مليون طن من الرمال قد زحفت (انساقت) خلال فترة الدراسة عبر الطرف الشمالي للواحة الواقع بين جبال الشعبة وبريقة في الغرب، وسبخة الأصفر في الشرق. وتشير النتائج أن نحو ثمانين مترا مكعبا من الرمال تزحف كل عام عبر كل متر من الأراضي الشمالية للواحة. هذه الكمية من الرمال الزاحفة قد تطمر كل عام ما يعادل ٧٢٠٠ متر مربع من الأراضي الصالحة للإنتاج الزراعي والاستيطان البشري، وأما عن زحف الكثبان الهلالية Barchan Dunes المتموجة والمتوازية فقد كان معدل زحفها ما بين متر واحد إلى سبعة أمتار سنويا تقريبا. ويزيد متوسط الزحف السنوي للكثبان في هذا الإقليم على خمسة وعشرين مترا، كما أن هناك مجموعة من الكثبان الرملية الصغيرة الحجم نسبيا تزحف بمعدل يزيد على خمسة وعشرين مترا في العام، ويقل هذا المعدل بشكل ملحوظ عند الأطراف الشمالية إذ يتراوح معدل الزحف ما بين ثلاثة إلى أربعة أمتار في العام. ويعود هذا النقص الملحوظ في معدلات الزحف الرملي إلى زيادة ارتفاع حجم الكثبان الرملية (يزيد عن ٢٥ مترا) نتيجة احتكاكها بمصدات الرمال التي وضعها المزارعون والأهالي في المنطقة للحد من زحف الكثبان عند أطراف المزارع (أبو الخير، ١٩٨٤ م).

ودلت نتائج الدراسة التي أجراها (الطاهر، ١٩٩٦م) أن الانسياق الرملي يختلف من سنة إلى أخرى تبعا لاختلاف سرعة الرياح، ففي سنة ١٩٨٥م وصلت كمية الانسياق الرملي إلى حوالي ٢١,٧م^{٢} / متر عرضي، بينما وصلت كمية الانسياق الرملي في سنة ١٩٩١م إلى حوالي ٦,٣ م^{٢} / متر عرضي. وأما المتوسط السنوي لكمية الانسياق الرملي للفترة الممتدة من ١٩٨٥م إلى ١٩٩٤ م فقد بلغت١٢,٧م^{٢} / متر عرضي.

كذلك تختلف كمية الانسياق الرملي الكامن من شهر إلى آخر خلال شهور السنة. ففي شهر سبتمبر يصل متوسط الانسياق الرملي الكامن إلى الحد الأدنى (٣, ٠م٢ / متر عرضي) بينما يزداد الانسياق إلى أن يصل إلى حده الأقصى خلال شهر يونية (٦٧, ٢م٢ / متر عرضي)، كما تختلف كمية الانسياق الرملي الكامن من جهة إلى أخرى من الجهات التي تهب منها الرياح على واحة الإحساء، ففي خلال الفترة الممتدة من عام ١٩٨٥م إلى عام ١٩٩٤م لم يحدث انسياق رملي من جهة الشرق ومن الجهة الشرقية الجنوبية الشرقية والجنوبية الشرقية. ويصل الحد الأدنى لمتوسط الانسياق الرملي الكامن القادم من الجهة الشرقية الشمالية الشرقية إلى حوالي ٠١, ٠م٢ / متر عرضي)، بينما يصل الحد الأقصى لمتوسط الانسياق الرملي القادم من جهة شمال الشمال الغربي إلى حوالي ٧٤, ٤م٢ / متر عرضي.

وقد دلت دراسة (شعث ١٤١٠هـ / ١٩٨٩م) لتأثير زحف الرمال على المناطق الترفيهية في واحة الإحساء (مشروع حجز الرمال) أنه ما زالت الكثبان الرملية تسقي المناطق الترفيهية من حين لآخر، ولذا فإن الحاجة لزيادة عرض تلك المصدات الخمسة تبقى ضرورية بحيث يبلغ عرض كل مصد في حدود ٨٠٠ تقريبا (الشكل ٢١) والمعروف بمنتزه الإحساء الوطني حاليا. من جهة أخرى هناك خطر الرعي الجائر حول المنتزه وتناقص أعداد الأشجار في المنتزه تدريجيا، وهذا يتفق مع دراسة (سيد، وأبو ريشة، ١٤١٤هـ / ١٩٩٤م) لتحليل وضع مشروع حجز الرمال ميدانيا واستشعاريا باستخدام لقطات للقمر الصناعي Spot لعام ١٩٩٢ والقمر Landsat TMS لعامي (٨٦، ١٩٩٣م)، وقد تبين نقص متباين في الغطاء النباتي في مصدات المشروع كما هو وضع الجدول رقم (٩) كما تبين أن مجموع مساحة الغطاء النباتي في الصور الفضائية للمشروع كان ٤٢, ٤١٢ هكتارا، ويمثل هذا الرقم مساحة الغطاء النباتي الفعلي.

وقد أشارا أيضا إلى أن المصد الأول هو الأكثر وضوحا وكثافة شجرية وأن نمو الأشجار فيه ممتاز، وعمليات الترقيع متواصلة، إلا أنه لوحظ وجود عدد من الثغرات في المصد وغياب للأشجار في بعض المناطق للذراع الشرقية له.

جدول (٩) مقارنة مساحات المصدات الشجرية في المشروع:
البداية والواقع حسب قراءة الصور الفضائية

رقم المصد	مساحة المصد ١ / هكتار	مساحة المصد ٢ / هكتار	مساحة المصد ٣ / هكتار	مساحة المصد ٤ / هكتار	مساحة المصد ٥ / هكتار	المساحة الإجمالية / هكتار
تقارير الزراعة الأولية	٥٠٠	٢٠٠	٢٠٠	٢٠٠	٢٠٠	١٣٠٠
قياسات الصور الفضائية (١)	٢٥١	١٥٨	١٩٣	١٤١	٣٥	٧٧٩
تصنيف الصور الفضائية(٢)	-	-	-	-	-	٤١٢
النسبة المئوية للنقص	٪٤٩,٨	٪٢١	٪٣,٥	٪٢٩,٥	٪٨٢,٥	٪٤٠,٠٨

(١) مساحة المناطق المشجرة بما فيها المسافات البينية بين الأشجار.
(٢) مساحة الغطاء النباتي فقط بدون مسافات بينية.
المصدر: (سيد، وأبو ريشة ١٤١٤هـ/ ١٩٩٤م)

وفي عام ٢٠٠١ م بينت نتائج دراسة الرويلي لتقييم كفاءة مشروع حجز الرمال في واحة الإحساء أن هناك تدهورا في الغطاء النباتي المستزرع في المصدات مما يؤدي إلى تناقص في حجز الرمال، وقد تعود أسباب ذلك إلى أنواع النباتات المستزرعة بحيث لابد أن يحوي المصد على نباتات من النوع المفترس للأرض أثناء النمو، كما أن سوء الظروف المناخية وقوة سطوع الشمس قد يكون سببا في موت قمم الأشجار في المناطق المروية، وكذلك وجود آفة تدمر الأشجار في المصد الخامس ألا وهي النمل الأبيض، وأيضا تناقص عدد الآبار من ٤٠ بئرا إلى ١٨ بئرا وحدوث هبوط في المستويات المائية في بعض الآبار لخزان أم الرحمة إلى أكثر من ٧٠ مترا في الفترة من ١٩٧٨ - ١٩٨٤م مع زيادة في ملوحة المياه الجوفية بأكثر من ١٠٠٠ ملجم/ لتر(AL Mahmood, 1987)، ويأتي الدور السلبي للإنسان أيضا والمتمثل في رمي المخلفات، وعمليات التحطيب، والرعي الجائر، والإسراف في استنزاف المياه الجوفية، وقلة الصيانة.

كما قام الرويلي (١٤٢٣هـ) بدراسة آثار التوسع العمراني على استخدام الأراضي بواحة الإحساء من خلال تحليل الخرائط التي انتجت بواسطة الاستشعار عن بعد لواحة الإحساء للعام ١٩٨٧م، ٢٠٠١م، واستنتج أن التوسع العمراني

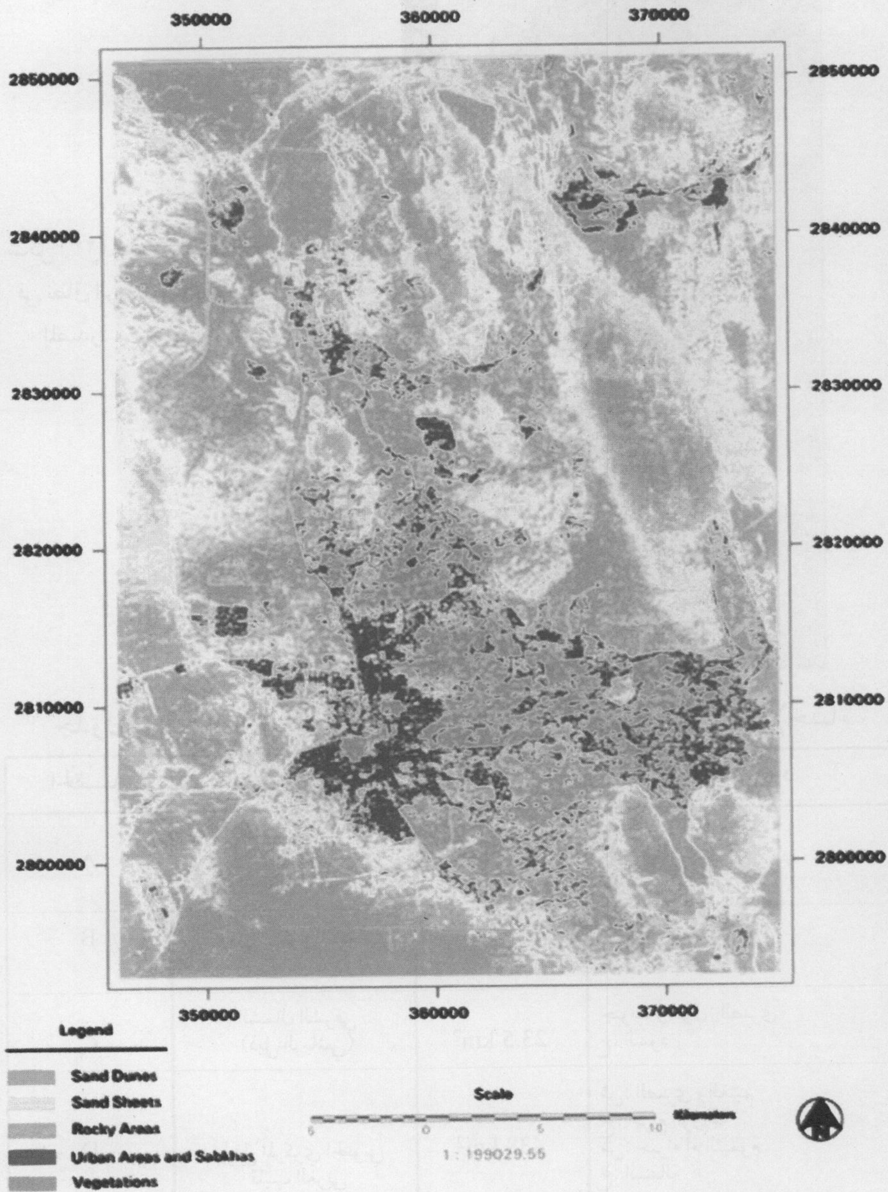
(المدن والقرى والهجر) أعلنه على حساب السبخات ثم تليه المخططات (الأماكن المجهزة للبناء المستقبلي) والرمال، وأن الرمال في حركة مستمرة على الواحة، حيث طمرت ٦١ , ٧٢٢٢ هكتار من السبخات، وهذا يدل على أن الواحة مهددة من الرمال.

الدراسة الحالية للباحثة فيما يخص زحف الرمال:

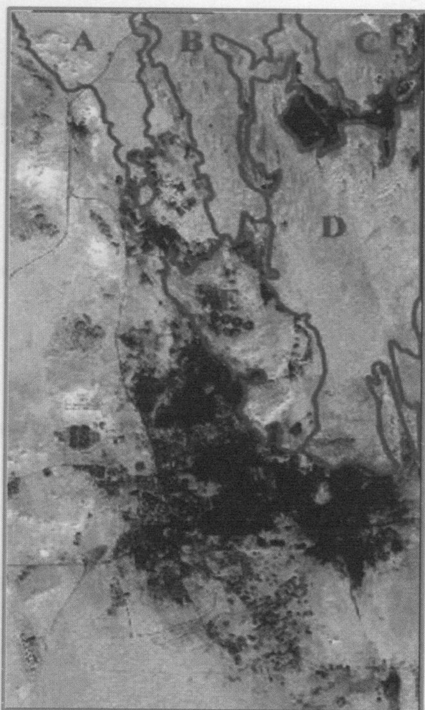
وبعد هذا العرض المختصر لبعض الدراسات الخاصة لتقييم الوضع الراهن لمشكلة زحف الرمال في واحة الإحساء، كان لابد أن تستمر الجهود الدراسية في هذا المضمار، وتأتي دراسة الباحثة لتكون لبنة أساسية وتسد ثغرا مهما في هذا المجال، حيث وكما أوضحنا سابقا، أن الهدف من هذه الدراسة هو تقييم لمخاطر زحف الرمال على واحة الإحساء من جهة الشمال، والشمال الشرقي وذلك من خلال تحليل لقطات فضائية Landsat 5 TM للسنوات (١٩٨٧)، (١٩٩٦)، (٢٠٠١). والمنهجية المتبعة في ذلك هو رصد حركة كثبان مميزة خلال تلك الفترة والتي امتدت لمدة أربعة عشر عاما. وقد قامت الباحثة أولا بتحديد نطاقات المعالم الجيومورفولوجية الأساسية للواحة من تحليل القطات الفضائية السابقة، وقد تم تمييز ما يلي: الفرشات الرملية Sand Sheet، والكثبان الرملية Sand dunes، والمناطق الصخرية Rocky areas، والعمران والسبخات Uraban Areas and Sabkhates، والأماكن الزراعية Vegetations (الشكل ٢٢).

ثم كانت الخطوة التالية وهي تقسيم نطاق الرمال (الفراشات والكثبان الرملية) إلى خمس حقول تفصلها حدود طبيعية ومتمثلة في السبخات والأراضي الزراعية والتلال الصخرية الشكل رقم (٢٣) والجدول رقم (١٠). وكانت أحجام الكثبان البرخانية التي اعتمدتها الباحثة لرصد التحرك الرملي تتراوح ما بين ٩٠ - ٧٠٠ متر، هذا بالإضافة إلى رصد الأنواع الأخرى من الكثبان الرملية والتي تم التعرف عليها استشعاريا.

وفيما يلي نلقي الضوء على طبيعة الكثبان الرملية في كل حقل من الحقول الخمسة ومخاطرها البيئية وتمييز أنواع مختلفة من الكثبان الرملية.



شكل (٢٢) المعالم الجيومورفولوجية العامة لواحة الإحساء
المصدر: من إعداد الباحثة



شكل (٢٣) حدود الحقول الرملية
في نطاق الرمال بواحة الإحساء
المصدر: من إعداد الباحثة

جدول رقم (١٠): تصنيف نطاق الرمال إلى حقول رملية في واحة الإحساء

الحقل	المسمى	المساحة	الحدود
A	الشمال الغربي (العيون)	45 km^2	ج: سبخة المخنق غ: تلال صخرية ش: سبخات
B	الحقل المركزي الشمالي نقاذنبان	120 km^2	ج: السفالة غ: المخنق ش: الغنيم والصري
C	الشمال الشرقي (ذيل الرياشي)	23.5 km^2	جنوب وشرق: الصرى غ: السود
D	الحقل المركزي الجنوبي قليب الغربي	438 km^2	ش: الصرى والغنيم ج: حزام الزراعة ش: خبراء أم الثيموم غ: السفالة
E	الجنوب المركزي (حزام الزبارة)	159 km^2	ش: حقل العيون ج: جبل بريقة الشمالي غ: أراضي زراعة وحزم المريكبات

المصدر: من إعداد الباحثة

حقل (A) الشمال الغربي (العيون) ٤٥ كم٢
(A) North - Western filed (Al uyun filed)



(شكل رقم ٢٤)

الحدود:

جنوبا: سبخة المخنق غربا: تلال صخرية وآبار للمياه شرقا: سبخات

طبيعة الكثبان ومخاطرها:

يقسمها طريق البقيق إلى نطاقين شمالي و جنوبي، وقد تم التعرف على ١١٥ كثيبا من مختلف الأحجام منها ٢٣ بأحجام (١٠٠-٥٠٠م) قيست وتم تحليلها. وتقع الوفرة الرملية جهة الشمال في شكل parabolic بأحجام أكبر من (٦٠٠-٧٠٠م) ولها أشكال مستطيلة مدببة تسير إلى اتجاهات الرياح السائدة. و كلما اتجهنا جنوبا في مركز الحقل تتواجد كثبان برخانية بأحجام مختلفة متحركة (السرعات ٥ , ٢-١٢ م/ سنة) وتقل السرعة جنوبا لوجود مساحات منزرعة وطريق العقيق. وتمثل هذه الكثبان البرخانية خطرا متوسطا إلى منخفض على الواحة، وذلك لإحاطته غربا بمنطقة هضبة صخرية (حافة شدقم) ومن جهة الشرق.

حقل (B) الحقل المركزي الشمالي (نقاذنبان) ١٢٠ كم٢
(B) North - central field (Naqa Dhanaban field)



(شكل رقم ٢٥)

الحدود:

شرقا: سبخة الغنيم وسبخة الصري غربا: سبخة المخنق جنوبا: سبخة السبالة

طبيعة الكثبان ومخاطرها:

و يقسمها طريق البقيق إلى نطاقين شمالي وجنوبي. و الوفرة الرملية شمالية في شكل كثبان معكوسة parabolic متداخلة أحدهما بطول ١٨كم وكثبان من نوع برخاني barchanoid، وقد تم التعرف على ٢٤٠ كثيبا في نطاق الكثبان بأحجام (٦٠-٦٠٠م) وقدرت سرعتها (٣-٢٥م/ سنة) من تحليل ٤٢ كثيب منها بأحجام (٩٠-٤٥٠م) لتحديد السرعة. ويوجد جنوب الحقل ترسبات عرضية-معكوسة Transverse to parabolic مع كثبان برخان Barchan، وتمثل الرمال في هذا الحقل تهديد متوسط إلى قوى للواحة.

حقل (C) الشمال الشرقي (ذيل الرياشي) ٥, ٢٣ كم٢
(C) North - eastern field (Dil ar Riyashi field)



(شكل رقم ٢٦)

الحـدود:

غربا: سبخة السود   شرقا وجنوبا: سبخة الصرى

طبيعة الكثبان ومخاطرها:

الوفرة الرملية في هذا الحقل جهة الشمال في شكل معكوس parabolic شبه مثبتة، وقد تم التعرف على ما يزيد عن ٥٠ كثيبا فرادي بأحجام مختلفة إما معكوس parabolic أو برخاني barchanoid مكونة أحزمة مميزة هي:

- حزام شمالي ويتكون من أسرع الكثبان البرخانية وتقترب من السبخات.
- حزام شمالي غربي ويتكون من نوع barchans or brachanoids.

و تبلغ أحجام الكثبان البرخانية في هذا النطاق (٨٥-٣٥٠م ± ٣٠م) و يبلغ متوسط السرعة ١٠م/ سنة وقد تم التعرف على ٥٠ كثيبا فرادي مع خطأ يتراوح ما بين (١-٢م/ سنة) ويمثل هذا الحقل تهديدا متوسطا إلى منخفض على الواحة.

حقل (D) الحقل المركزي الجنوبي (قليب الغربي - الفواجية) ٤٣٨ كم
(D) South - central field (Qalib al Ghurabi Field)



(شكل رقم ٢٧)
Qalib Al Ghurabi Field

الحـــدود:

شمالا: سبخة الصرى وسبخة الغنيم غربا: سبخة السفالة
شرقا: خبراء أم الثيموم جنوبا: حزام الزراعة

طبيعة الكثبان ومخاطرها:

الوفرة الرملية ثابتة من عصر الهولوسين Holocene و هـي في شـكل المعكوس Parabolic مع فرشات رملية Sand sheet و إلى الغرب توجد كثبان من نوع Classic parabolic - barchanoid. ويتألف هذا النطاق من أربعة أحزمة رملية، تم التعرف على ٤٠٠ كثيب بأحجام تتراوح من (١٠٠-٦٠٠م)، وتم تحليل ٥٥ كثيب منها بأحجام (١٠٠-٦٠٠م)، وأحزمة هذا النطاق هي:

- حزام غربي متحرك: تم التعرف على ٦٠ كثيب برخاني بأحجام(١١٠-٥٢٠م) بسرعات (٥-١٥م/ سنة) وهي قريبة من الواحة.

- حزام شرقي متحرك مؤلف من كثبان Linear في اتجاه (NNE - 55W) كما تتواجد كثبان من أنواع برخان – معكوس Barchan , parabolic منفصلة بمسافة(٣٤٠م) ويمر به طريق العفير مما يقلل من سرعة الكثبان تتراوح أحجام الكثبان من (١٤٠-٤٢٠م) وبسرعات (٥ ,٥-١١م/ سنة).

- الحزام المركزي الجنوبي: و يتألف من كثبان وترسبات رملية بموازة أحزمة الزراعة في الواحة ويوضح مدى تأثير الزراعة على تثبيت الرمال، وقد تم التعرف على ١٠٠ كثيب بأحجام (١١٠-٤٥٠م) متحركة بمعدل(٥-١٣م/ سنة) وبأشكال برخانية. وتواجه أسطح بنائية مما قلل من سرعتها، وفي الأجزاء الشمالية لهذا الحزام توجد امتدادات كثيبية تعمل كمصدر، ويمثل هذا الحزام تهديدا للنطاق E ويقترح عمل مصدات بين المصدر الرملي و الكثبان التي تهدد المنطقة.

حقل (E) الجنوب المركزى (حزم الزبارة) $159km^2$
(E) Southernmost centeral field (Hazm az Zibarah Field)



(شكل رقم ٢٨)

الحدود:

شمالا: حقل العيون (B) غربا: أرض زراعية وحزوم المريكبات جنوبا: جبل بريقة الشمالي

طبيعة الكثبان ومخاطرها:

تم التعرف على ٢٠ برخانا Barchan مستطيلة الشكل، و80 كثيب بأحجام وأشكال مختلفة. وينقسم هذا النطاق إلى أربعة أحزمة:

- حزام كثيبي جنوبي (مواجهة لأسطح النباتية) الكثبان متوسطة إلى كبيرة الحجم (٢٠٠-٣٠٠م) من نوع المعكوسة والعرضية الطويلة Prabolic & transverse.
- حزام كثيبي Nw (مواجهة للأسطح النباتية) تتحرك بمعدل (١٦-٤٠م/ سنة).
- حزام كثيبي بعرض ٢ كم (موازي للواحة) مؤلف من جميع الأنواع التي تتحرك ببطء بسبب القرب من الزراعة ويمثل تهديدا من الجهة الشرقية.
- حزام مركزي شرقي مؤلف من تجمع البرخاني والمعكوس بمعدل (٤,٥-١٢م/ سنة) وحجم يتراوح من (١٠٠-٣٥٠±٣٠م) ويمثل هذا الحزام تهديدا للواحة بسبب نقص الغطاء النباتي. ويمكن القول أن هذا الحقل يمثل تهديدا خطيرا أيضا للواحة ومؤثرا لإقتراب زحف الرمال من العمران والمساحات الزراعية.

ثالثا: النتائج والتوصيات

النتائج:

١ - تتحرك الكثبان البرخانية الصغيرة الحجم Small Barckan dunes بسرعات بلغت ٢٥م/ سنة، بينما تتحرك الكثبان الكبيرة الحجم من الأنواع المعكوسة Parabolicوالعرضية Transverse بسرعات تراوحت ما بين ٣ - ٥ م / سنة.

٢ - دل التحليل (الأبيض والأسود) panchromatic band (بقوة فصل مكاني ١٥م) للقطات لاندسات أن هناك نشاط ملحوظ في تحرك الكثبان الرملية خلال الأربعة عشر عاما، وقد استدل على ذلك من مراقبة ترسبات رملية في جانب رمال الظل Leeword side (sand shadow) مما يدل على تقدم الكثبان الرملية. ومن خلال رصد هذا النشاط أمكن تحديد معدلات زحف الرمال المشار إليها.

٣ - تقوم المساحات الزراعية بدور أساسي في الحد من وقف الزحف الكثيبي داخل النطاقات الرملية للحقول المختلفة.

٤ - يتبين من رصد حركة وطبيعة الكثبان الرملية داخل الحقول المختلفة أن الحقل المركزي الجنوبي (D) (قليب الغربي - الفواجية) يمثل الحقل الأكثر خطورة على الواحة. ويعزى ذلك إلى التجمعات الرملية الهائلة التي تزحف ببطء تجاه المساحات المنزرعة ومشروع حجز الرمال.

٥ - يعتبر حقل الرمال (E) الجنوب المركزي (حزام الزبارة) أيضا من مناطق الزحف الرملي الخطيرة (في المرتبة الثانية) يتواجد عديد من الكثبان الزاحفة بمعدلات مرتفعة، كما تتواجد وفرة رملية لهذا الحقل متمثلة في عرق رملي مواز للواحة وتواجده بجوار المناطق الزراعية.

٦ - ويعتبر أيضا حقل الرمال (B) الشمالي المركزي (نقاذنبان) من الحقول التي تمثل تهديدا للواحة وتأتي في المرتبة الثالثة، ويعزى ذلك لدور المساحات الزراعية وتأثيرها في تغيير (تقليل) مقدار الزحف الرملي.

٧ - يمثل كل من الحقل (A) العيون، والحقل (C) تهديدا متوسطا إلى منخفض لزحف الرمال على الواحة وذلك للصغر النسبي في أحجام وأعداد الكثبان فيها؛ إضافة إلى أن الوفرة الرملية من الشمال محدودة؛ إضافة إلى طبيعة موقعها

البيئي من توافر السبخات، ووجود تلال صخرية غربا في الحقل (A) (حافة هضبة شدقم).

٨ - يظهر من تحليل المرئيات الفضائية أن هناك تهديدا خطيرا من زحف الكثبان تجاه الغطاء النباتي في الواحة، كما أن زحف الرمال في مواجهة مشروع حجز الرمال كما هو واضح في الشكل (٢٩) يعتبر من أخطر المشكلات البيئية للواحة والتي يجدر الاهتمام السريع بمواجهتها.

٩ - وقد أظهرت تحليلات المرئيات الفضائية خلال الأعوام (١٩٨٧)، (١٩٩٦)، (٢٠٠١) لرصد مساحات الكثبان الرملية و الفرشات الرملية (الشكل ٣٠) تغييرات واضحة مبينة في جدول (١١).



شكل (٢٩): زحف الرمال يهدد الأراضي الزراعية و مشروع حجز الرمال
(المصدر: من إعداد الباحثة)

جدول (١١) التغيرات في مساحات الكثبان والفرشات الرملية
(خلال المدة ١٩٨٧م - ٢٠٠١م)

السنوات / النوع	١٩٨٧م (كم٢)	١٩٩٦م (كم٢)	٢٠٠١م (كم٢)	التغيرات خلال ١٤ عاما	
				(كم٢)	الزيادة ٪
الكثبان الرملية	٤٠٧,٥٨٦٩	٢٨٨,٣٢٤٥	٤٢٢,٠٢٤٧	١٤,٤٣٧٨	٪٣,٥٤
الفرشات الرملية	١٢٤,٦٤٧٤	١٧٦,٧٦٩٩	١٧٢,٢٢٢٧	٤٧,٥٧٥٣	٪٣٨,١٧
المجمـــوع	٥٣٢,٢٣٤٣	٤٦٥,٠٩٤٤	٥٩٤,٢٤٧٤	٦٢,٠١٣١	٪١١,٦٥

(المصدر: من إعداد الباحثة)

حيث يتبين من الجدول السابق ما يلي:

* زيادة مساحة الكثبان الرملية من عام ١٩٨٧م حتى عام ٢٠٠١م بمقدار ١٤,٤٣٧٨ كم٢ أي بنسبة ٣,٥٤٪، وكذلك مساحات الفرشات الرملية بمقدار ٤٧,٥٧٥٣ كم٢، أي بنسبة ٣٨,١٧٪.
* زيادة تحرك الرمال (الكثبان والفرشات الرملية) حيث زادت الأراضي التي تغطيها بحوالي كم٢ أي بنسبة١١,٦٥٪ عن مساحتها في عام ١٩٨٧م.
* ويظهر الجدول أيضا تناقص مساحات الكثبان الرملية ما بين عامي ١٩٨٧م - ١٩٩٦م بمقدار ١١٩,٢٦ كم٢ أي بنسبة ٢٩,٢٦٪، بينما توجد زيادة في نفس الفترة للفرشات الرملية بمقدار ٥٢,١٢٢٥ كم٢ أي بنسبة٤١,١٢٪ ثم زادت مساحة كل من الكثبان الرملية و الفرشات معا حتى عام ٢٠٠١ م بمعنى أن محصلة النقص و الزيادة تبين اتجاها عاما في مساحة الزحف الرملي على الواحة.

وتفسر الباحثة أن ذلك التباين والتناقص (١٩٨٧ - ١٩٩٦م) قد يعزى لحدوث التملح وتكون السبخات وانتشارها. ومع زيادة الجفاف المؤثر في الواحة تغير الوضع و زادت حركة الرمال من (١٩٦٦ - ٢٠٠١م) مما يؤثر على استقرار الواحة مستقبلا. والمحصلة العامة تبرز اتجاها متزايدا في معدلات الزحف الرملي الذي يهدد الواحة. ويوضح الشكل (٣١) تغيرات الزيادة في تحرك الرمال.

١٠ - تم التعرف وتمييز أنواع مختلفة من الكثبان الرملية في حقول منطقة الدراسة

من خلال تحليل المرئيات مثل الكثبان الطولية Linear Dunes (Sief) في حقل العيون، وكثبان القطع المكافئ parabolic Dunes وكثبان Fossel في حقل الزبارة، وأيضا كثبان برخانية بسيطة ومركبة، وأنواع متعددة معقدة في حقل ديل الرياشي (شكل ٣٢).

التوصيات:

ومن عرض النتائج السابقة فإن الباحثة توصي بما يلي:

(١) ضرورة تكثيف الدراسات في واحة الإحساء فيما يخص مشكلة زحف الرمال خاصة، وأنها مشكلة آنية تتصاعد مع ظروف زيارة مظاهر التصحر الواضح بالواحة.

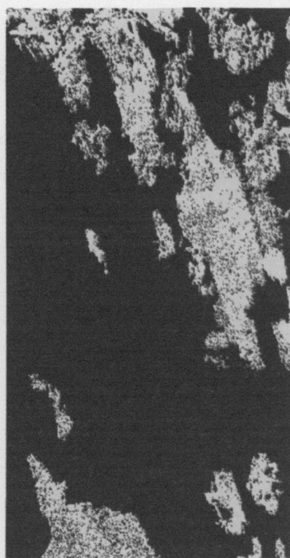
(٢) ضرورة المتابعة المستمرة للتغيرات البيئية في الواحة، وتطويرها باستخدام التقنيات المعاصرة والأساليب الحديثة.

(٣) تطوير الوسائل والطرق المستخدمة في عمليات مواجهة زحف الرمال.

(٤) تضافر الجهود والتعاون بين الجهات البحثية المختلفة بالمملكة فيما يخص الدراسات البيئية للواحة.

و آخر دعوانا أن الحمد لله رب العالمين

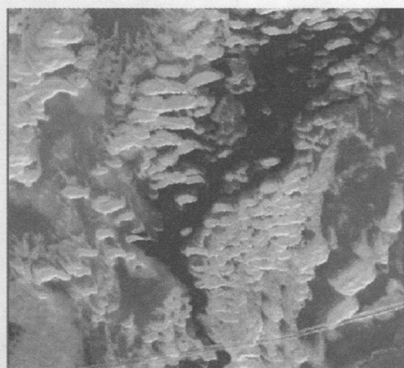
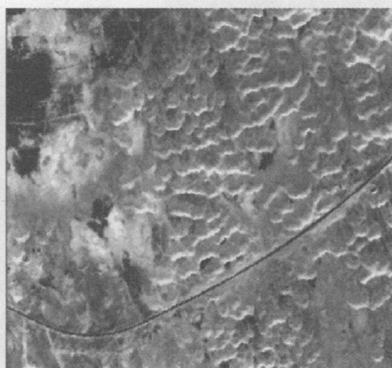
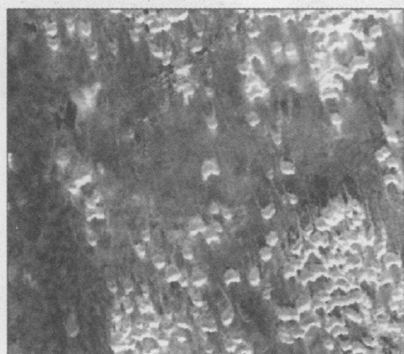


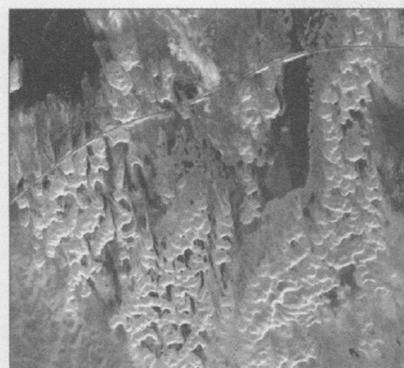
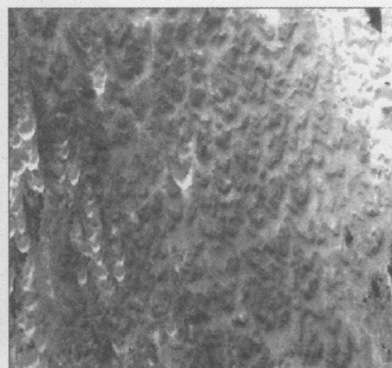


شكل (٣٠): التوزيع الرملي في واحة الإحساء ما بين عامي ١٩٨٧م، ٢٠٠١م
(المصدر: من إعداد الباحثة)



شكل (٣١): تغيرات في زيادة تحرك الرمال في واحة الإحساء خلال الفترة (١٩٨٧م - ٢٠٠١م)
(المصدر: من إعداد الباحثة)

شكل (٣٢): نماذج فضائية لأهم أنواع الكثبان الرملية في منطقة الدراسة
(المصدر: من إعداد الباحثة)

References

Al-Bokhair, Y. and Hidore J. (1982): "Sand Encroachment in the Al- Hasa Oasis, Saudi Arabia" In : Geographical Review, (1982), Vol: 72, No. 3.

Al- Hinai K, (1989 - 1410): "Evaluation of Remote Sensing Data for Sand Studies in Saudi Arabin" . In "Workshop on Desert Studying in the Kingdom of Saudi Arabia".

Al-Hinai, K.G. and J.M.Moore, 1987. Monitoring of sand migration in eastern Arabia by remote sensing. In: Proceedings, Twentieth International Symposium on Remote Sensing of Environment, Environmental Research Institute of Michigan, Ann Arbor.

Al-Hinai, K.G. 1988. Quaternary Aeolian Sand Mapping in Saudi Arabia using remotely sensed Imagery, Ph.D. Thesis, Imperial College. University of London, 476 p.

Al - Sayari, S.S and Zotl, J .G. (Eds. 1978) Quaternary period in Saudi Arabia. Springer - Verlag , wien New york .

Breed, C.S. and Grow, T.1979. Morphology and distribution of dunes in sand seas observed by remote sensing In: A Study of Global Sand Seas. U.S. Geol. Surv. Prof. Paper 1052. Chapter J. pp. 253-303.

Badr, T (1989): Scientific Means and Studies Used to Stabilize Dunes in the Eastern Region. In " Workshop on Desert Studying in the Kingdom of Saudi Arabia".

Chapman, R.,w.1978. Geomorphology of the Eastern Margin of the Shedgum Plateau In Al-Sayari, S.S. and Zotl , J.G (Eds) , Quaternary period in Saudi Arabia.

El-Baz, F. (1979). Color of desert surfaces in the Arabian Peninsula, In: Apollo-Soyuz Test Project. Earth observations and Photography. NASA, SP-412-Vol.2,pp. 285-299.

El-Mahmood, J.M,(1987). Hydrogeology of AL - Hassa Osis , MSC thesis , (King Fahad University for petroleum and Minerals) , College of Graduate Studies, Dharan Kingdom.

Embabi, N.S., 1982, Barchans of the Kharga Depression. In: Desert Land Forms of South West Egypt: A Basis for Comparison with Mars. NASA CR - 3611, P.141 - 155.

Finkel, H. J., 1959, The Barchans of Southern Peru : Jour. Geol., V.67, P.614 - 647.

Fryberger, S. G , et al., (1984), wind Sedimention in the Jafurah Sand Sea, Saudi Arabia , Sedimentology , VoL ., 31 , 413 - 431.

Hasenrath, S.L., 1967, The Barchans of the Arequipa Region, Southern Peru : Zeitschrift fur Geomorphology, V.11, no., P. 300-331.

HotzL, H, Et . al, (1978), Gaologic , History of the Al Hasa Area Since the Pliocene.

HoFuF Agricultural Research Center (H . A . R . C): publ. No.23 (Investigation of the hydrogeology and Water resources of the Oasis of AL- H assa, HoFuF (1978 **Jado, A and Zotl, JG. (EdS .1984).** Geomorphic Systems and Accumulation during the late Pliocene and Quaternary, In Quaternary period in Saudi Arabia Vol. 2.

Johnson, D.H . 1978. Gulf Coastal Region and its hinterland. In - Sayari, S.S and Zotl, J.G (Eds). Quaternary Period in Saudi Arabia .

Leichtweiss - Institute research Team, (1976), hydrogeology of the Al - Hassa Oasis, publication No. 15.

Leichtweiss - Institute research Team, (1979), the water Potential of Al - Hassa Oasis publication no 38.

Marrs, R.W. and Kolm, K.E. (ed.) 1982. Interpretation of Wind flow characteristics from eolian landforms, Geological society of Americ a, Special paper 1982.

Mckee, E, (1979) , Astudy of Global Sand Seas, Geological Survey professional Paper 1052, Washington, U . S . A .

Power , R., w. Ramirez, L., remond C., . D., and elbergy E., I., (1966), Geoglogy of the Arabian peninsula Sedimentary geologe of Saudi Arabia, U.S Government printing office ,Washington .

المراجع العربية

- أبو الخير، يحيى محمد شيخ، (١٤٠٤هـ/ ١٩٨٤م)، زحف الرمال بمنطقة الإحساء، نشرة وحدة البحث والترجمة، قسم الجغرافيا بجامعة الكويت، والجمعية الجغرافية الكويتية العدد (٢٤)
- البراك، سعد عبد الله، (١٤١٤هـ/ ١٩٩٣م) خصائص أراضي الإحساء الزراعية - الطبعة الأولى) مطابع الحسيني الحديثة - الإحساء.
- الجبر، محمد عبد اللطيف، (١٤٢٣هـ/ ٢٠٠٢هـ)، الوضع الزراعيي في واحة الإحساء، عرض للتنمية - الطبعة الأولى. مطابع الحميضي.
- الدخيل، يوسف بن يعقوب، (٢٠٠٢م)، تقويم مصادر مياه الري في منطقة الإحساء - المملكة العربية السعودية - مجلة عالم المياه، يوليو ٢٠٠٢م.
- الرويلي، مفرح معلق، (٢٠٠١م)، تقييم كفاءة مشروع حجز الرمال في واحة الإحساء بالمملكة العربية السعودية، الدبلوم العالي، كلية الدراسات العليا، جامعة الخليج العربي، البحرين.
- الرويلي، مفرح معلق، (١٤٢٣هـ/ ٢٠٠٢م) دراسة آثار التوسع العمراني على استخدامات الأراضي بواحة الإحساء باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية - رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الدراسات العليا، جامعة الخليج العربي، البحرين.
- العبد الواحد، يوسف أحمد - وزارة الزراعة والمياه - إدارة المرعى والغابات - تقرير منفصل عن مشروع حجز الرمال بالإحساء عام ١٤٠٢هـ.
- العبد القادر، محمد عبد الله (١٣٧٩هـ). تحفة المستفيد بتاريخ الإحساء القديم والجديد. مطابع الرياض.
- العبيدان، عبد اللطيف ابراهيم والشمري، بائع زيد، امكانية استخدام تقنية الاستشعار عن بعد في تصنيف الكثبان الرملية وحركتها، ندوة الدراسات الصحراوية في المملكة العربية السعودية «الواقع والتطبيق» الجزء الثاني (٢٧ -

٢٩ ربيع الآخر ١٤١٥هـ/ ٢ - ٤ أكتوبر ١٩٩٤م)
- الطاهر، عبد الله أحمد سعد، (١٤١٦هـ/ ١٩٩٦م)، العواصف الرملية والغبارية وأثرها في ترب الحقول الزراعية في واحة الإحساء بالمملكة العربية السعودية، بحوث جغرافية، الجمعيةالجغرافية السعودية - جامعة الملك سعود - الرياض، العدد (٢٤).
- الطاهر، عبد الله أحمد سعد (١٤١٩ / ١٩٩٩م) الإحساء دراسة جغرافية - الطبعة الأولى مطابع الحسيني الحديثة.
- العمير، عبد الرحمن بن أحمد، ١٤٠٨هـ، جغرافية العمران الريفي في واحات الإحساء رسالة ماجستير غير منشورة. جامعة الإمام.
- العمير، عبد الرحمن بن أحمد، (١٤١٩ / ١٤٢٠هـ)، العمران الحضري في محافظة الإحساء رسالة دكتوراة غير منشورة - جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية.
- المملكة العربية السعودية، وزارة الزراعة والمياه، المركز الإقليمي للأبحاث الزراعي بالإحساء حماية البيئة الفطرية الزراعية: الأساسات التاريخية الفطرية والزراعية التي اشتملت عليها واتصفت بها بيئة واحة الإحساء، (١٤١٣هـ).
- الوليعي، عبد الله بن ناصر، (١٤١٥هـ/ ١٩٩٤م)، بحار الرمال في المملكة العربية السعودية، سلسلة علمية تصدر عن وحدة البحث والترجمة، قسم الجغرافيا بجامعة الكويت والجمعية الجغرافية الكويتية.
- بندقجي، حسين حمزة، (١٩٨٤م) الخريطة الجغرافية للمملكة العربية السعودية اكسفورد.
- حماية البيئة الفطرية الزراعية، الأساسات التاريخية الفطرية والزراعية التي اشتملت عليها واتصفت بها بيئة واحة الإحساء - الطبعة الأولى ١٤١٣هـ - المركز الإقليمي للأبحاث الزراعية بالإحساء، وزارة الزراعة والمياه، المملكة العربية السعودية.
- رجب، زين العابدين بن عبد الرحمن، واحة الإحساء " دراسة في مواردها المائية

وتأثيرها في الاستخدام الريفي، الندوة الثالثة لأقسام الجغرافيا بجامعات المملكة العربية السعودية (١٤٠٧هـ/ ١٩٨٧م).

- شعث، بسام أحمد، (١٩٨٩م)، دراسة تأثير زحف الرمال على المناطق الترفيهية في واحة الإحساء، حلقة الدراسات الصحراوية في المملكة العربية السعودية، مركز دراسات الصحراء، جامعة الملك سعود.
- قسم الهايدرولوجي (١٩٧٧ - ١٩٨٤م)، وزارة الزراعة والمياه، الرياض. المملكة العربية السعودية.
- فيدال، ف س، (١٩٩٠م)، واحة الإحساء، ترجمة الوليعي، عبد الله ناصر، مطابع الجمعة الإلكترونية.
- محسوب وآخرون، (١٤١٩ - ١٩٩٩م)، دراسات في جغرافية المملكة العربية السعودية، الجوانب الطبيعية، دار الفكر العربي - القاهرة.
- معهد بحوث الفضاء، مدينة الملك عبد العزيز للعلوم و التقنية، نشرة تعريفية للمعهد.